UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

Tesis

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

"Viabilidad técnica y económica de un sistema de bombeo de agua utilizando energía solar en el fundo Manto de Cristo perteneciente al sector Chaparri distrito de Chongoyape provincia de Chiclayo - Lambayeque"

AUTOR:

Ocampo Tafur, Rolito

ASESOR:

Villalobos Cabrera, Jony

Lambayeque – Perú

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

Tesis

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

"Viabilidad técnica y económica de un sistema de bombeo de agua utilizando energía solar en el fundo Manto de Cristo perteneciente al sector Chaparri distrito de Chongoyape provincia de Chiclayo - Lambayeque"

AUTOR:

Ocampo Tafur, Rolito

APROBADO POR EL JURADO EXAMINADOR:

PRESIDENTE: Dr. Salazar Mendoza, Aníbal Jesús ……

SECRETARIO: Ing. Méndez Cruz, Oscar ……..

MIEMBRO: M.Sc. Ing. Dávila Hurtado, Fredy ……..

ASESOR: M.Sc. Ing. Villalobos Cabrera, Jony ……..

Lambayeque – Perú

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

Tesis

"Viabilidad técnica y económica de un sistema de bombeo de agua utilizando energía solar en el fundo Manto de Cristo perteneciente al sector Chaparri distrito de Chongoyape provincia de Chiclayo - Lambayeque"

CONTENIDOS:

AUTOR: Bach. Ocampo Tafur, Rolito

APROBADO POR EL JURADO CALIFICADOR:

DR. ANIBAL JESUS SALAZAR MENDOZA
PRESIDENTE

ING. OSCAR MENDEZ CRUZ
SECRETARIO

M.Sc. ING. FREDY DAVILA HURTADO
MIEMBRO

M.Sc. ING. JONY VILLALOBOS CABRERA
ASESOR

Lambayeque – Perú

2020

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a:

Mis hermanos, Freddy y Mayra por brindarme

Su apoyo incondicional en todo momento, este trabajo fue posible gracias a ustedes

AGRADECIMIENTO

Suponen los cimientos de mi desarrollo, todos y cada uno de ustedes –mi familia- han destinado tiempo para enseñarme nuevas cosas, para brindarme aportes invaluables que servirán para toda mi vida.

Estuvieron presente en cada momento desde los inicios de mi formación, así como en el desarrollo de este proyecto a todos ustedes mi agradecimiento con creces, los quiero mucho. Agradecer a mi asesor M.Sc. Ing. Jony Villalobos Cabrera por toda su ayuda en la culminación de esta tesis.

RESUMEN

El objetivo general de la presente tesis fue Determinar la viabilidad técnica y económica de un sistema de bombeo de agua utilizando energía solar en el fundo Manto de Cristo perteneciente al sector Chaparri distrito de Chongoyape provincia de Chiclayo – Lambayeque. El tipo de investigación fue aplicada. a) Los datos de irradiación solar fueron obtenidos de la página web de la NASA los cuales varían desde un valor de 4,47 kWh/m2/día en el mes de junio hasta 5,98 kWh/m2/día para el mes de noviembre. Para determinar la cantidad de agua promedio diaria se han recopilado datos promedios mensuales de la temperatura, humedad relativa, precipitación de la estación meteorológica Tinajones del SENAMHI. Partir de estos datos se ha obtenido que la cantidad de agua promedio diaria que se necesita para el cultivo de limón es de 110,14 m3/día para las 3 hectáreas. El equipamiento del sistema de bombeo fotovoltaico está constituido por estará conformado por 32 paneles fotovoltaicos de la marca AMERISOLAR de 330 Wp. 01 bomba sumergible LORENTZ PSK2-9 C-SJ17-11, 64 baterías de 12 Victron Energy de 66 Ah, 4 controladores 192V/ 60 A el regulador de carga solar MPPT. El presupuesto referencial del sistema de bombeo fotovoltaico es de S/. 328 469,04. Se realizó el cálculo de la evaluación económica con una tasa de 15 %, de donde se obtuvo VAN = S/. 167 362,72 > 0 y la TIR = 22 % > 15 %; el tiempo de recuperación de capital es de: 7 años 11 meses.

Palabras clave: Bombeo fotovoltaico, paneles fotovoltaicos, controlador

ABSTRACT

The general objective of this thesis was to determine the technical and economic viability of a water pumping system using solar energy in the Manto de Cristo farm belonging to the Chaparri sector, Chongoyape district, Chiclayo - Lambayeque province. The type of research was applied. a) The solar irradiation data were obtained from the NASA website which vary from a value of 4,47 kWh / m^2 / day in the month of June to 5,98 kWh / m^2 / day for the month of November. To determine the average daily amount of water, average monthly data on the temperature, relative humidity, precipitation of the Tinajones SENAMHI weather station have been collected. Based on these data, it has been obtained that the average daily amount of water needed for the cultivation of lemon is 110,14 m^3 / day for the 3 hectares. The equipment of the photovoltaic pumping system is made up of 32 photovoltaic panels of the AMERISOLAR 330 Wp brand. 01 submersible pump LORENTZ PSK2-9 C-SJ17-11, 64 batteries of 12 Victron Energy 66 Ah, 4 controllers 192V / 60 A MPPT solar charge controller. The referential budget of the photovoltaic pumping system is S /. 328 469,04. The calculation of the economic evaluation was carried out with a rate of 15%, where VAN = S /. 167 362,72> 0 and the IRR = 22% >15%; The capital recovery time is: 7 years 11 months.

Keywords: Photovoltaic pumping, photovoltaic panels, controller

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

INTRODUCCIÓN

El objetivo de la presente tesis fue proponer el dimensionamiento de un sistema de bombeo de agua.

Se inicia con descripción de la realidad problemática actual en el Fundo Manto de Cristo perteneciente al sector Chaparri en Chongoyape, provincia de Chiclayo, específicamente en las 3 hectáreas de limón de propiedad del señor: Reynaldo Rodas Torres.

En el siguiente capítulo, se presenta los antecedentes es decir estudios anteriores realizados en diferentes lugares a nivel internacional, nacional estas investigaciones sustentan y avalan el uso de la energía solar fotovoltaica para los sistemas de bombeo. Además, se presenta el marco teórico, definiciones relacionadas con el tema de investigación.

En el Capítulo III, se describe el marco metodológico a seguir con la finalidad de alcanzar el objetivo general iniciando con la recolección de datos hasta el procesamiento y obtención de los resultados. A continuación, en el siguiente capítulo; se aborda la propuesta que va dar una solución a la realidad problemática existente, la cual es viable técnica y económica.

En el Capítulo Final se presenta los resultados obtenidos y se calculan los indicadores de que indican la viabilidad de la alternativa propuesta.

Luego, se describe las conclusiones a las que se llegó las cuales están directamente relacionados con los objetivos específicos planteados. Además, se adjunta en los anexos.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad Problemática

1.1.1. Realidad problemática a nivel internacional

Según la (FAO, 2018) Los sistemas de riego que utilizan energía solar suponen ya una tecnología asequible y respetuosa con el clima, tanto para los pequeños agricultores como para las grandes explotaciones en los países en desarrollo. Pero deben ser gestionados y regulados en forma adecuada para evitar un uso insostenible del agua, destacó hoy la FAO en la presentación de un nuevo informe.

"La rápida expansión de un riego con energía solar cada vez más asequible, ofrece soluciones viables que abarcan los vínculos entre agua, energía y alimentos, ofreciendo una magnífica oportunidad para que los agricultores en pequeña escala mejoren sus medios de subsistencia, prosperidad económica y seguridad alimentaria", aseguró la Directora General Adjunta de la FAO, Helena Remedo.

1.1.2. Realidad problemática a nivel nacional

A nivel nacional y en la actualidad, la explotación de las aguas subterráneas se hace generalmente empleando motores de combustión interna y bombas hidráulicas instalados en pozos ya sea tubulares o a tajo abierto, la fuente de energía empleada son los combustibles fósiles (petróleo, gasolina), originando altos costos de precio, operación y mantenimiento de estos sistemas de bombeo, se tiene una consecuencia adicional que es la contaminación atmosférica local debido a la emisión de gases tóxicos por la quema de dichos combustibles (CO2, SO2, NOx, Pb). (Farfan Neyra, 2018, pág. 1)

1.1.3. Realidad problemática local

En el Fundo Manto de Cristo perteneciente al sector Chaparri en Chongoyape, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. El señor: Reynaldo Rodas Torres, dueño de 3 hectáreas de terreno en el cual tiene proyectado la siembra de limón tiene el problema de como extraer el agua para el regadío. El fundo Manto de Cristo se encuentra a 15 km de distancia de las redes eléctricas más cercanas motivo por el cual no se ha ampliado las redes eléctricas hasta el fundo. El señor se encuentra interesado en utilizar la energía solar para el bombeo de agua.

En esta tesis se presenta como alternativa utilizar un sistema de bombeo de agua solar fotovoltaico para satisfacer la demanda de agua requerido para 3 hectáreas de limón.

1.2. Formulación del Problema

¿Sera viable técnica y económica un sistema de bombeo de agua utilizando la energía solar para la siembra de 3 hectáreas de limón de propiedad del señor: Reynaldo Rodas Torres, en el fundo Manto de Cristo perteneciente al sector Chaparri en Chongoyape, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque?

1.3. Delimitación de la Investigación

1.3.1. Delimitación espacial

Las 3 hectáreas de limón de propiedad del señor: Reynaldo Rodas Torres se encuentra ubicado en el fundo en el fundo Manto de Cristo perteneciente al sector Chaparri en Chongoyape, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

<u>El distrito de Chongoyape</u>

Según (Mendoza, Pisfil, & Vaquez, 2011) el distrito de Chongoyape está ubicado en la parte Nor Este de la provincia de Chiclayo, constituyendo uno de los distritos más

alejados del litoral y cercanos al macizo andino. La mayor parte de su territorio se encuentra en la región chala y una pequeña parte, en la región yunga marítima. Sus límites son: al Norte, con Ferreñafe; al Sur, con Oyotún y Zaña; al Este, con el departamento de Cajamarca; al Oeste, con el distrito de M. A. Mesones Muro. De clima cálido, seco y con lluvias concentradas entre diciembre y marzo. La zona corresponde a la región descrita por Antonio Brack como Bosque Seco Nor Oriental.

Altitud: 209 m. s. n. m.

Extensión: 696,41 Km^2.

Distancia: Chongoyape a Chiclayo, y viceversa es de 65 kilómetros.

Reseña histórica de Chongoyape:

Chongoyape primeramente fue una casa hacienda, luego fue fundada el 17 Junio de 1825 y creado como distrito el 29 de diciembre de 1856 sobre los terrenos donados por el hacendado Pedro José de las Muñecas, con el nombre de Santa Catalina de Chongoyape, en honor a la esposa del donante. Posteriormente el nuevo hacendado quiso despojar a los chongoyapanos, quienes por defenderse entraron en lucha que duró 25 años. Esta lucha concluyó con la parcelación y venta de la hacienda Chongoyape el año 1863, y Luego con la muerte del hacendado. El agro también va revolucionando y lo que probablemente era un cacicazgo antes de la llegada de los españoles, formo parte durante la Colonia de una encomienda posiblemente la de Collique para convertirse después en hacienda en poder de españoles seglares y luego de los jesuitas. Pese a la oposición de los hacendados, Chongoyape fue progresando y es elevada a la categoría de pueblo el 10 de noviembre de 1839; y a la de Villa el 6 de octubre de 1905 por la ley N° 36, finalmente el 23 de diciembre

de 1942 por la ley No 9708 es elevada a la categoría de cuidad (Mendoza, Pisfil y Vaquez , 2011).

1.3.2. Delimitación temporal

Este trabajo de tesis tuvo una duración de 05 meses.

1.4. Justificación e Importancia de la TESIS

Justificación social

Los beneficiarios directos de este trabajo de investigación de implementarse son los del fundo y también los agricultores de la localidad debido a que servirá de modelo, obteniendo resultados muy favorables a medio y a largo plazo.

Justificación económica

La energía que alimentará al sistema de bombeo solar fotovoltaico es inagotable para el tiempo de vida del mismo y lo mejor de todo, que es gratis lo único que costaría sería los componentes de dicho sistema (Farfan Neyra, 2018)

De implementarse se tendrá el agua suficiente para la siembra del limón y con ello no más compra, transporte de combustible lo que significa un ahorro.

Justificación ambiental

En el Perú promueve el uso de las energías no convencionales con su plan Nacional de Energías Renovables el cual incluye aquellas estrategias, programas y proyectos a desarrollarse utilizando energías renovables (energía eólica, energía solar, energía geotérmica, energía mareomotriz), que tienden a mejorar la calidad de vida de la población y proteger el medio ambiente (Según el Artículo 11° de DLEG-1002-2008).

Por lo tanto, de implementarse esta alternativa se contribuirá con la reducción de CO2. Los sistemas fotovoltaicos producen impactos que, sin duda, son menores a los producidos por otros procedimientos de generación eléctrica.

1.5. Limitaciones de la TESIS

Los datos de irradiación solar fueron recolectados de 2 fuentes, las cuales son: el atlas solar del Perú y de la página web de la NASA.

1.6. Objetivos de la TESIS

1.6.1. Objetivo General

Determinar la viabilidad técnica y económica de un sistema de bombeo de agua utilizando energía solar en el fundo Manto de Cristo perteneciente al sector Chaparri distrito de Chongoyape provincia de Chiclayo – Lambayeque.

1.6.2. Objetivo Específicos

a) Caracterizar el recurso solar disponible en el Fundo Manto de Cristo.

b) Determinar la demanda de agua promedio diario requerida en el fundo Manto de Cristo.

c) Dimensionar el sistema fotovoltaico de bombeo de agua.

d) Realizar la evaluación económica del sistema de bombeo propuesto.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudios

Contexto Internacional

Nicaragua

Según Gonzales y Lanuza (2018) en la tesis titulado "Propuesta de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego por goteo en la finca Concepción comarca Ato viejo San Nicolás – Estelí, durante el periodo de julio a noviembre del 2017". Contempla la propuesta de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego en la finca Concepción comarca ato viejo, municipio de san Nicolás, departamento de Estelí, durante el periodo de julio a noviembre del año 2017. Con la propuesta del sistema de bombeo solar fotovoltaico se pretende el uso de energías alternativas que permiten el bajo consumo del recurso hídrico permitiendo el uso sostenible y rentabilidad económica de la actividad agrícola sin mayores perjuicios al medioambiente, mejorando la calidad del cultivo y logrando una tecnificación en la finca Concepción. Los pasos a seguir en la propuesta fueron la determinación de la demanda de caudal para una manzana de cultivo de tomate, el diseño del sistema solar fotovoltaico, la selección de la bomba por medio de cálculos y curvas de eficiencias, el análisis financiero de la propuesta para poder determinar la factibilidad de la propuesta. Entre otros beneficios adjuntos al proyecto es evitar la producción de emisiones de CO2 por el uso de bomba accionadas con combustibles, ahorro económico en la facturación al no utilizar energía eléctrica convencional duchas eléctricas, además la implementación de medidas de ahorro y uso eficiente de la energía. Se demostró a través del análisis financiero y con los cálculos de Valor Actual Neto y Tasa Interna de Rentabilidad, que es rentable invertir en esta propuesta, se puede obtener un financiamiento de 6 513,82 U$, al 9% de interés,

demostrando que en cinco años se obtendrá una ganancia de 2,09 U$ por cada dólar invertido. (Gonzalez Davila & Lanuza Centeno, 2018)

Nicaragua

Según Alvares y Suazo (2017) en la tesis titulado "Diseño de un sistema de riego por goteo automatizado, alimentado con energía fotovoltaica para la finca San Antonio ubicada en la Isla de Ometepe del departamento de Rivas" El autor en el resumen indica lo siguiente: el estudio está dirigido al diseño de un sistema de riego automatizado, alimentado con energía fotovoltaica, para una finca de 15 manzanas localizada en el departamento de Rivas en la Isla de Ometepe, como una solución a la problemática presente en esa zona la cual no cuenta con la energía eléctrica comercial en diferentes comunidades y que es necesaria para atender el riego de los cultivos. La realización del estudio examina la descripción de la fuente de agua (el lago) disponible en la parte norte de la finca, y a partir de la recopilación de los datos mencionados se elaboró el diseño del sistema de riego automatizado, alimentado con energía fotovoltaica. Las descripciones del sistema que se determinaron fueron; el procedimiento de riego, el sistema de control automático y el sistema de alimentación fotovoltaica. Se planteó el sistema de riego automatizado, alimentado con energía fotovoltaica, utilizando tres diferentes tecnologías: tecnología de sistemas de riego, tecnología de sistemas de automatización y tecnología de alimentación fotovoltaica. (Alvarez Alvarez & Suazo Gonzales, 2019)

España

Según Vargas (2018) en la tesis titulado: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA SUBTERRÁNEA CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO EN LA COMUNIDAD DE VALENCIA". El objetivo fue de diseñar un sistema fotovoltaico adecuado para riego, para una

extensión de 10 000 m^2, beneficiando a 10 familias que se dedican al cultivo de diferentes plantas productivas, ya sean hortalizas y legumbres, además constituye fuente de ingreso económico. Cuyo precio de los productos son rentables, y ser acreedores de préstamos de entidades de interés social. Se pensó que la concretización de este proyecto en dicho emplazamiento es idónea, porque actualmente el agricultor se abastece de un riego por gravedad, a través de canales rústicas. Otro de los problemas del agricultor es el uso de la energía convencional que es de alto costo, además están prohibidos por la empresa proveedora. Por lo tanto, el proyecto proveerá agua para el riego menos contaminada. La necesidad de agua se caracteriza por la variación estacional, ya hubo sequía en el pasado. Según estudios técnicos no se requiere de grandes caudales de agua, porque son pequeñas parcelas de cultivos. Finalmente, el proyecto garantiza agua para 20 años, que está dentro de la vida útil del sistema de generación fotovoltaica, que solamente depende de la radiación solar, del clima. Es un recurso energético gratuito, renovable. (Vargas Quispe, 2018)

Contexto nacional

Según Jener y Quispe (2016) en la tesis titulado "DISEÑO Y SELECCIÓN DE UN SISTEMA EÓLICO SOLAR PARA LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA QUE MEJORE EL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA CON FINES DE RIEGO EN EL CENTRO POBLADO CHINUANI -YUNGUYO 2016" Esta tesis consisitio en realizar un diseño y seleccionar los componentes de un sistema eólico solar para la generación de energía eléctrica que satisfaga la demanda que requiere un sistema de bombeo con fines de riego en el centro poblado de Chinumani del distrito de Yunguyo, con lo cual estudiaremos el diseño y su funcionamiento del sistema eólico solar conformado por cuatro generadores

fotovoltaicos y un generador eólico para alimentar la demanda de carga hecha por el equipo de bombeo de agua, el cual suplirá las actividades de riego manuales que se realizan actualmente por riego por surcos, mediante conducción de agua por tuberías en beneficio de 10 familias del centro poblado de Chinumani. La investigación que se llevará a cabo será una investigación teórica y práctica, donde estudiaremos primero todos los elementos que conforman nuestro sistema propuesto para realizar los diseños que integran cada una de la partes como un sistema eólico solar para generación de energía eléctrica, un sistema hidráulico para el bombeo de agua, un sistema de riego para determinar el diseño agronómico con el cual pretendemos mejorar y finalmente comprobaremos todos estos resultados con softwares computacionales como el Homer 2 entre otros con el fin de garantizar su funcionamiento y aplicación en la agricultura para el centro poblado de Chinumani del distrito de Yunguyo. Para ello analizaremos también la factibilidad económica del sistema eólico solar propuesto, en relación con un sistema convencional para bombeo de agua con fines de riego con el fin de garantizar su funcionamiento operacional del sistema. (Quispe Conde & Jener Dimas, 2016)

Según Asmat (2018) en la tesis titulado "DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO EN EL DISTRITO DE YAURISQUE – CUSCO" el objetivo general fue Evaluar la eficiencia de un sistema de bombeo fotovoltaico y determinar el volumen de agua diaria bombeada bajo las condiciones climáticas del distrito de Yaurisque, Paruro, Cusco; nos indica que sobre la implementación un sistema donado de bombeo fotovoltaico (FV) compuesto por una bomba solar, un panel FV y un tanque elevado con la finalidad de ser usado en riego para agricultura en las épocas secas (abril-septiembre), sin embargo; los componentes de este sistema necesitan ser evaluados para corroborar que actúan según las características técnicas dada por el fabricante,

bajo las diferentes condiciones climáticas del lugar. El periodo de prueba de esta investigación fue del 30 de agosto al 6 de septiembre, el volumen diario promedio suministrado en campo fue 4,17 m^3 /día, esto se debe a que el abatimiento del pozo impedía el bombeo continuo a pesar de las buenas condiciones de radiación. La eficiencia global del sistema es 24,95%, obtenida del producto de las eficiencias de la bomba solar (26,12%) y el panel fotovoltaico (95,54%) (Asmat Caceres, 2018).

Según Sánchez (2019) en la tesis titulado: "Propuesta de un sistema fotovoltaico para bombeo de agua subterránea en la provincia de Celendín-Cajamarca". El objetivo general de la tesis fue Proponer un sistema fotovoltaico para el bombeo de agua subterránea en la provincia de Celendín – Cajamarca. La investigación en esta tesis fue aplicada pues en base a los conocimientos de ingeniería se trata de dar soluciones a problemas de la vida real, como es en este caso solucionar el problema de déficit de agua en el periodo de sequía. Luego de investigar y elaborar la tesis podemos indicar lo siguiente: Con los datos de radiación solar de NASTEC se ha obtenido una radiación solar mínima de 4,50 kWh/m^2 /día para el periodo de sequía, también se ha obtenido datos de radiación solar del atlas solar del Perú con un valor de 24,50 kWh/m /día. Se determinó el consumo diario de agua para animales el cual es de 3 457 litros o 3,457 m 3 y también se calculó la cantidad de agua necesaria para el riego de 2 hectáreas de terreno con un consumo diario de 3 114,88 m, considerando un 10% adicional y un 10 % para el llenado de tanque de almacenamiento el total de agua diaria requerida es de 143,19 m^3. El sistema de bombeo fotovoltaico estará conformado por 01 bomba sumergibles LORENTZ PS2-4000C-SJ30-2, 16 paneles fotovoltaicos de la marca SIMAX de 240 Wp. El presupuesto referencial del sistema de bombeo fotovoltaico es de S/. 113 611,61. Se realizó la evaluación económica obteniéndose que para una tasa de interés del 19% obteniéndose el de VAN = S/. 217 284,37 > 0 y la TIR de 47 %. Y para una

tasa de descuento de 25,75 % el VAN es de S/. 104 973,91 >0 y la TIR= 43 % por lo que la propuesta es aceptable. (Sachez Montenegro, 2019)

Así mismo Alfaro (2016) en el trabajo de inesttigacion titulado "DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRAR DE AGUA AL CASERÍO PLAN MANZANAS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO CAJAMARCA-2016" en su resumen nos indica que el Caserío Plan Manzanas es una zona habitada por 15 familias limitado por el norte con los caseríos Manzanas Alto y Manzanas Capellanía, por el este con los caseríos de Coñor y San Antonio, por el oeste con los caseríos de Porcon Bajo y el Batán y por el sur con el caserío de Huambocancha Alta encontrándonos con la problemática de escases de agua ya que dichos habitantes tienen que recorrer grandes distancias para suministrarse de la misma y poderla usar para uso doméstico y uso agrícola cuentan con un pozo artesanal y debido a la falta de energía eléctrica convencional es que no pueden poner en funcionamiento. Viendo la necesidad existente es que se planteó el cómo podemos suministrar de agua al caserío plan manzanas llegando al objetivo general diseñar un sistema de bombeo fotovoltaico para suministrar de agua al caserío Plan Manzanas, provincia y departamento de Cajamarca, 2016. Se recopilo la información necesaria de trabajos de investigación teniendo como base las energías renovables, siendo una de ellas la energía solar, realizando un diseño preciso de generación de energía eléctrica para el bombeo de agua, según la necesidad de los beneficiarios del caserío Plan Manzanas. Obteniendo el consumo energético real y la selección correspondiente de equipos del sistema fotovoltaico cumpliendo con el objetivo principal del estudio. (Alfaro Delgado, 2016)

Castañeda (2016) en la tesis titulado "DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA BOMBEO DE AGUA CON FINES AGRÍCOLAS EN EL SECTOR CAÑAVIEJA, TAMBERÍA, CAJABAMBA 2016". El objetivo general fue Diseñar un sistema fotovoltaico para bombear agua con fines agrícolas a las parcelas del sector Cañavieja. En ese contexto este proyecto de investigación pretende abastecer de agua para regadío a parcelas que no pueden ser cultivadas por no contar con agua en la zona por tal motivo se está diseñando un sistema de bombeo de agua con un sistema fotovoltaico que genere energía eléctrica y se pueda alimentar a motor, bomba para el bombear agua desde el canal de regadío que tiene origen en el rio chugurano hasta el reservorio de almacenamiento del cual será distribuido en proporción de las cantidades requeridas por las parcelas las cuales estarán implementadas con un sistema de riego por goteo para un mejor aprovechamiento del vital líquido. Se utilizó los instrumentos ficha de recolección de datos para obtener un consumo promedio por lote y obtener la máxima demanda, como la presente investigación es viable y sostenible y garantiza una entrega de agua a los agricultores. Al realizar la evaluación económica para implementar el proyecto obtenemos una estructura de costo total que asciende a S/. 14 251,00.

Contexto Local

Según Sanchez (2016) en la tesis titulado "DISEÑO DE UN SUMINISTRO ELÉCTRICO CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE EQUIPOS DE BOMBEO AGRÍCOLA DEL ESTABLO GESA - LAMBAYEQUE, 2016" nos expresa que con la finalidad de Diseñar un suministro eléctrico con energía solar fotovoltaica que permita mejorar la productividad de equipos de bombeo agrícola del establo GESA - Lambayeque; se trabajó con una población y muestra representativa constituida la capacidad de agua necesaria para el establo de GESA en Lambayeque. Se utilizó la técnica de la

observación y los instrumentos permitieron medir los valores adecuados para el diseño; el análisis y procesamiento estadístico se realizó a través de la estadística descriptiva. El propósito del presente trabajo, es contribuir el mejoramiento del bombeo del establo GESA, las celdas fotovoltaicas permiten en condiciones óptimas desarrollar las actividades de una manera segura. El diseño realizado se justifica, en la medida que ayudará, a solucionar los problemas propios del establo GESA en cuanto a sus necesidades de agua, así mismo el aporte de la investigación se centra en la importancia de esta investigación que propone una alternativa de ahorro energético. La conclusión más relevante del informe se expresa en que el costo total para el diseño será de 10 050 nuevos soles que garantizará una adecuada funcionalidad para un prolongado tiempo del sistema fotovoltaico, a pesar del corto tiempo de implementación. (Sanchez Barboza, 2016)

Así mismo Castillo (2019) en su tesis titulado "Análisis técnico económico para el seleccionamiento de un sistema de bombeo utilizando fuentes renovables de energía destinado a riego, consumo humano y animal, en la localidad de La Carrecilla, Distrito de Pucalá". Nos indica que el objetivo del presente trabajo de investigación, es realizar el análisis técnico económico para dimensionar y seleccionar los componentes de un sistema de bombeo de agua, teniendo como fuentes de generación las energías renovables de la zona del predio ubicado en la localidad de La Carrecilla, del distrito de Pucalá, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. Realizada la toma de datos correspondiente se determinó que la opción más viable era la energía solar dado a que cuenta con mayor presencia que la energía eólica. Cabe resaltar que ambas fuentes mencionadas son las más presentes en zona. Una vez llevado los datos tomados a la teoría, se empezó por determinar que la radiación solar en la zona era de 4,77 kWh/m^2 junto con las necesidades de agua diaria que es un promedio de 1,4 m^3 /h con lo cual se hallaron

el consumo energético diario que resultó ser de 454,866 Wh/día. Los componentes seleccionados del sistema de bombeo fotovoltaico constan de un panel solar de 60 celdas de 250 Wp – 12 V, una bomba de 120 W de potencia junto a un regulador de carga de 12 A de entrada y 12 A de salida, junto con una batería de 254 Ah para una descarga diaria, conductores y protecciones detalladas en el capítulo V. El trabajo de investigación contribuirá con el medio ambiente dado que fomentará la utilización de energías limpias y evitará emisión de gases de 258,163 de kg de CO_2 al año. (Castillo Gastelo, 2019)

Según Guevara y Silva (2018) en la tesis titulado "Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para el cultivo de esparrago en el fundo Bobadilla – Ferreñafe". Se diseñó un sistema de bombeo fotovoltaico que permita satisfacer la demanda del recurso hídrico requerido por los cultivos de esparrago del fundo Bobadilla provincia de Ferreñafe – Departamento de Lambayeque. Se determinó la necesidad de este estudio para satisfacer la demanda de recurso hídrico requerido, ya que este tendrá un impacto positivo en la población en el uso agrícola. Esto se logró diseñando un sistema de riego tecnificado por goteo con bombas activadas por celdas fotovoltaicas aprovechando la radiación solar para poder generar energía eléctrica. A continuación, se desarrolló los cálculos requeridos para el sistema de bombeo en la transmisión de agua en riego tecnificado por goteo y selección de bombas, asimismo la radiación solar para la carga de baterías fue por medio de los paneles solares con una capacidad de carga de 142 Ah/día con una corriente de 25,06 A. Se concluyó que el sistema de irrigación del cultivo de espárragos por medio de una energía renovable si es una buena alternativa en el fundo Bobadilla en la provincia de Ferreñafe. (Guevara & Silva, 2018)

2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema desarrollado

2.2.1. Energía solar

La energía solar es la energía radiante producida en el Sol como resultado de reacciones nucleares de fusión que llegan a la Tierra a través del espacio en cuantos de energía llamados fotones, que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestre. La intensidad de la radiación solar en el borde exterior de la atmósfera, si se considera que la Tierra está a su distancia promedio del Sol, se llama constante solar, y su valor medio es de unas 2 cal/min/cm^2 (Peña & Montiel, "Celdas Fotovoltaicas para Energizar un Sistema de bombeo de agua, 2003)

2.2.2. Radiación solar

La radiación solar esta constituidas por ondas electromagnéticas provenientes del sol. Este se le puede considerar como un cuerpo negro, emitiendo a una temperatura de 5 762 K, sin embargo, la temperatura máxima lograda es alrededor de 388 K, mediante uso de concentradores. (Peña & Montiel, "Celdas Fotovoltaicas para Energizar un Sistema de bombeo de agua, 2003)

Se ha considerado que, durante su trayectoria en el espacio exterior fuera de la atmósfera terrestre, no sufre ninguna alteración. Se han hecho mediciones en el exterior de la atmósfera por medio de una placa plana, obteniendo un valor aceptable de 1,36 kW/m^2 (4,9 X10^3 KJ/m^2h). En la figura N° 5 se muestra la representación de la interacción de la radiación solar con la tierra. (Peña & Montiel, "Celdas Fotovoltaicas para Energizar un Sistema de bombeo de agua, 2003)

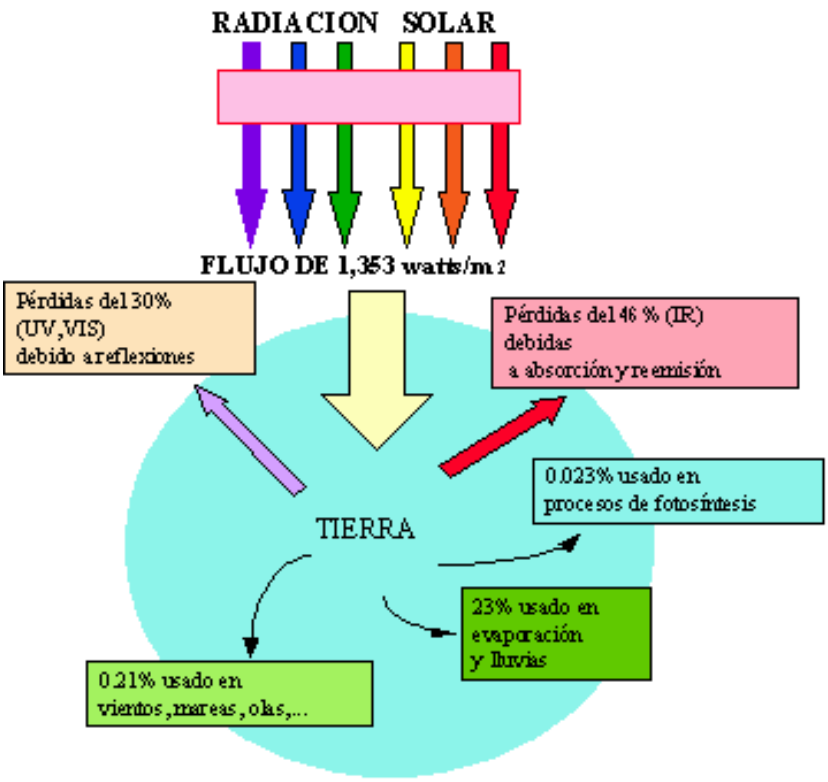


Figura N° 1: Radiación solar

Fuente: (Peña & Montiel, 2003)

2.2.2.1. Componentes de la radiación solar

La radiación solar que llega a la superficie terrestre consta de tres componentes, los cuales son: La Radiación Directa, la Radiación Difusa y la Radiación Reflejada, según se muestra en la tabla N°1.

Tabla N° 1
Componentes de la radiación solar

Directa	Es la recibida desde el Sol sin que se desvíe en su paso por la atmósfera.
Difusa	Es la que sufre cambios en su dirección principalmente debidos a la reflexión y difusión en la atmósfera.
Albedo	Es la radiación directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo u otras superficies próximas.

Fuente: (Diaz, 2008)

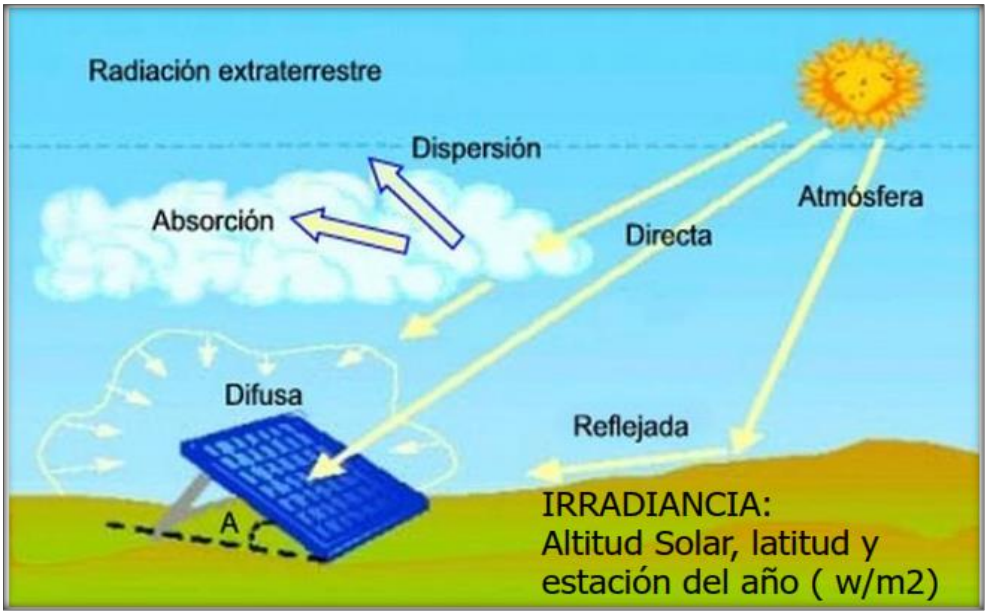


Figura N° 2: Componentes de la radiación solar

Fuente: TECSUP. (s.f.). Generación de energía fotovoltaica.pdf - TECSUP

La radiación directa es la mayor y la más importante en el diseño de un sistema fotovoltaico. (ver Figura N° 2).

2.2.2.2. Horas de sol pico (H.S.P.)

Se definen como el número de horas al día con una irradiancia hipotética de 1 000 W/m^2, que sumen la misma irradiación total que la real ese día.

Se puede notar que cuando la irradiancia se expresa en horas es numéricamente similar a las H.S.P. Este concepto es importante, ya que junto con un factor de pérdidas ayuda a estimar la potencia producida por los paneles fotovoltaicos. La distribución de la radiación a lo largo del día y el concepto de horas pico de sol se muestran en la siguiente figura N° 3. (Valdiviezo, 2014).

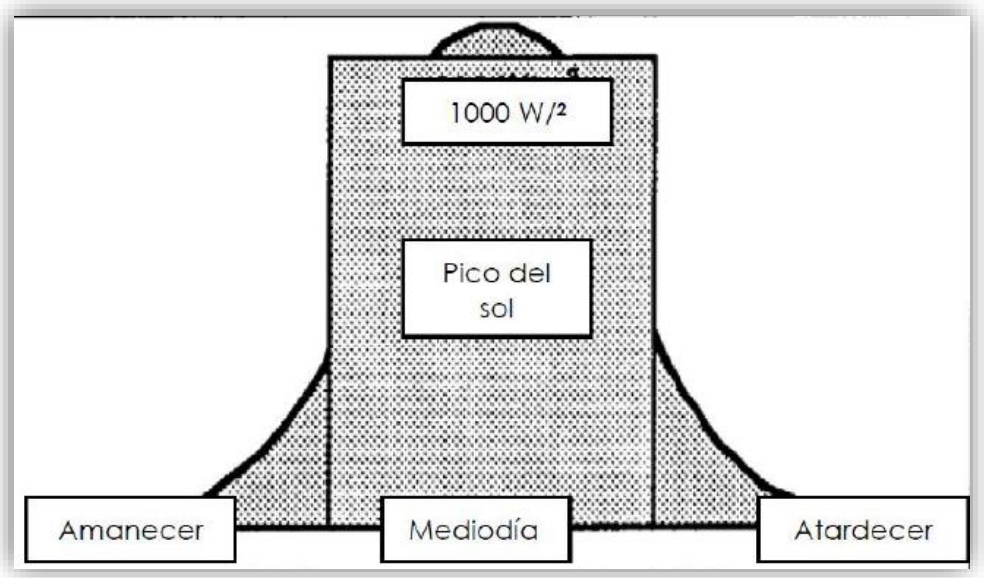


Figura N° 3: Concepto de horas sol pico

Fuente: (Valdiviezo, 2014).

2.2.2.3. Radiación solar en Perú

Según (autosolarperu, 2018) el Atlas de la Energía Solar del Perú elaborado por el Ministerio de Energía y Minas señala que el país cuenta con una elevada radiación solar, 5,5 a 6,5 kWh/m^2 en la Costa y en la Selva de aproximadamente 4,5 a 5,0 kWh/m^2. Unas cifras que denotan el *altísimo potencial fotovoltaico que tiene el país latinoamericano,* el cual debe ser aprovechado para generar energía limpia para sus habitantes.

Dado estos datos y a pocos meses de recibir el verano, es interesante realizar un repaso a los niveles de radiación solar que espera el Perú. El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, SENAMHI, destaca que el pasado verano se alcanzó un índice de 19 en una escala de 20 puntos. Para que se observe la relevancia de estos datos debe tener claro que la radiación solar se considera extrema cuando supera los 11 puntos de escala.

Una desorbitada radiación que se debe a la posición del Perú situado en la franja tropical, donde los rayos del sol son mucho más intensos y que se eleva más en lo alto de la

cordillera de los Andes donde se reduce el margen con la atmósfera. Pero, no sólo el sol incide en esta zona, sino que Lima alcanzó el verano de 2016 los 15 puntos con picos altos en las horas centrales del día donde se alcanzan alrededor de los 37 grados Celsius con una sensación térmica de 42 grados.

Cifras que manifiestan el alto potencial fotovoltaico del Perú y que hacen atractivo su uso, pudiendo satisfacer las necesidades de millones de familias que viven en zonas rurales con escasos recursos y carecen del servicio de energía eléctrica. Sin duda, Perú se suministra ahora con más fuentes de energía renovables y cuenta con *grandes proyectos en materia solar* que han aflorado en los últimos años. Además, gracias al Plan Nacional de Electrificación Rural (PNER) 2016-2025 promovido por el *gobierno peruano,* se está potenciando la energía del sol para generar prosperidad y dotar a las zonas rurales del bienestar necesario. El PNER pretende que miles de familias que no disponen de electricidad reciban energía eficiente y sostenible gracias al uso de este recurso tan abundante en el Perú.

En la Figura N° 4 perteneciente a Global Solar Atlas, herramienta mundial encargada de mostrar los niveles de energía solar potencial en cualquier parte del mundo, manifiesta los altos niveles de radiación solar del Perú junto al continente africano.

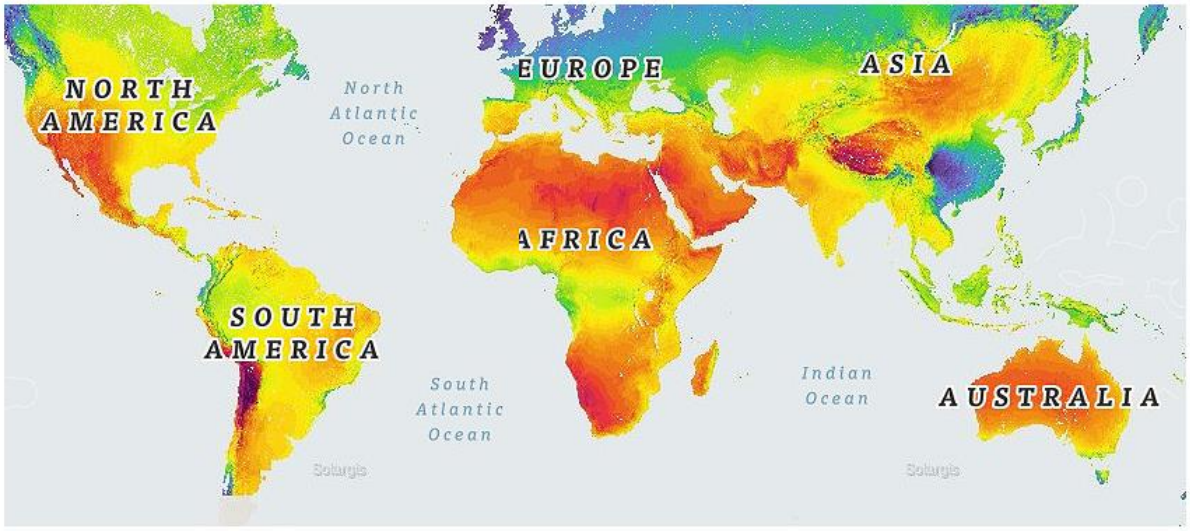


Figura N° 4: Mapa de la Global Solar Atlas

Fuente: (autosolarperu, 2018)

2.2.3. Sistemas de bombeo fotovoltaico

Un sistema de bombeo fotovoltaico está formado por un generador fotovoltaico establecido por **paneles solares** que genera una corriente continua que será transmitida al sistema motor-bomba. Para que la electricidad que generan los paneles solares sea adecuada para el sistema moto-bomba existen unos sistemas de acondicionamiento de potencia (inversores, reguladores, convertidores, etc.), también consta de un sistema de tuberías, un depósito de acumulación (opcional) y un pozo para la extracción de agua. (Alata, 2015). La figura N° 5 muestra un esquema básico de una estación de bombeo alimentado por paneles fotovoltaicos

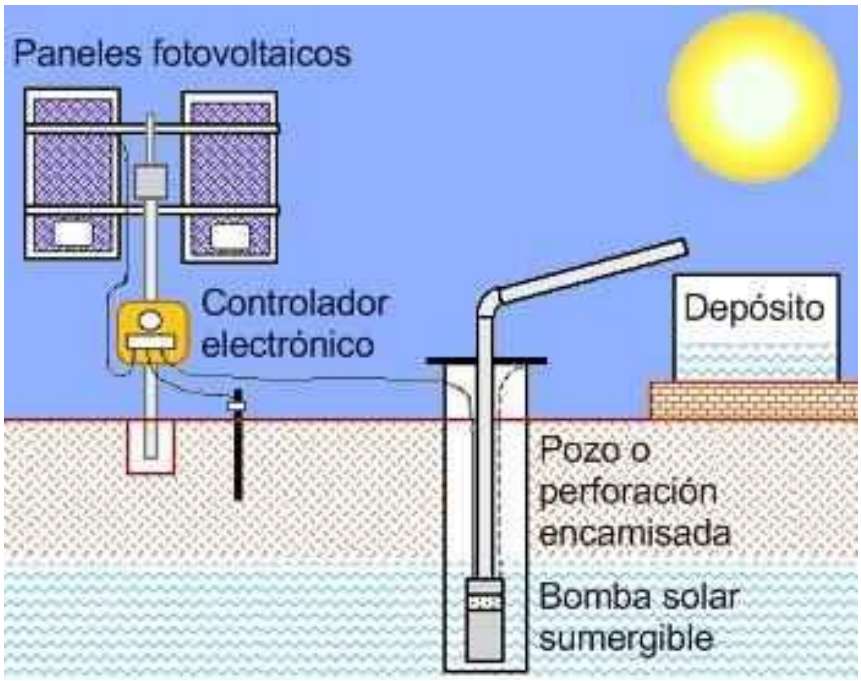


Figura N° 5: Esquema de una estación de bombeo alimentado con paneles solares

Fuente: (Alata, 2015)

Existen dos alternativas de sistemas de bombeos fotovoltaicos que son:

a) **Bombeo solar directo:** El agua se extrae del pozo durante el tiempo de radiación solar únicamente, almacenándose en un depósito. Se evita los costes asociados a las baterías.

b) **Bombeo con baterías:** Si las necesidades de extracción de agua son muy precisas o se necesita asegurar el suministro, pueden instalarse baterías para los periodos sin sol.

2.2.3.1. Funcionamiento del sistema de bombeo solar

Un sistema de bombeo fotovoltaico es similar a los sistemas convencionales excepto por la fuente de potencia como se muestra en la figura N° 5, como sus principales componentes son: un arreglo de módulos fotovoltaico, un

controlador, un motor y una bomba y por último un tanque de almacenamiento (Paredes, 2001).

Generador fotovoltaico

El sistema generador estará constituido por un conjunto de arreglos de módulos fotovoltaicos (paneles solares) conectados en serie o en paralelos, los cuales generarán la energía necesaria para accionar el motor bomba, intermedio a ellos se encontrará un controlador electrónico para la bomba (amplificador de corriente) es un dispositivo (Paredes, 2001)

Panel fotovoltaico

Las celdas Fotovoltaicas son aquellas que transforman directamente parte de la energía solar que reciben en energía eléctrica, y la producción de la misma está basada en el fenómeno físico denominado "Efecto Fotovoltaico", (Figura N° 6).

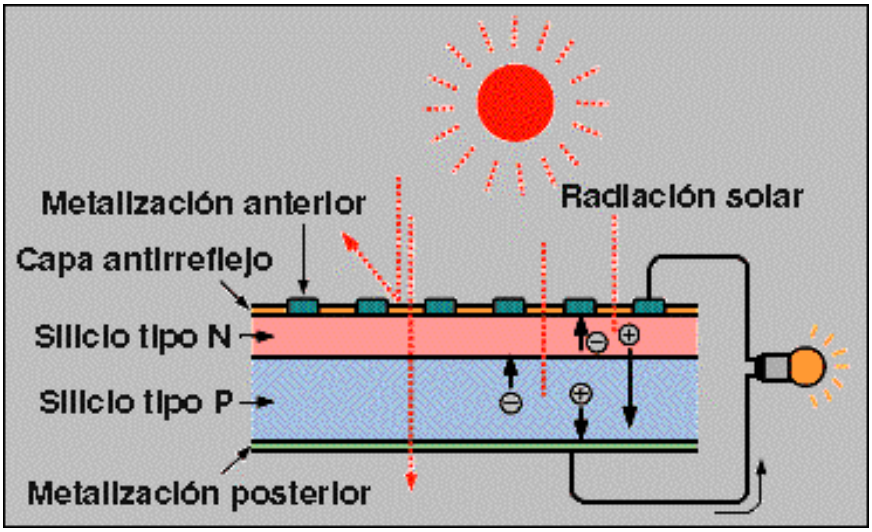


Figura N° 6: Efecto fotovoltaico en una celda solar

Fuente: (Peña & Montiel, "Celdas Fotovoltaicas para Energizar un Sistema de bombeo de agua, 2003)

Estas celdas están elaboradas a base de silicio puro (uno de los elementos más abundantes, componente principal de la arena) con adición de impurezas de ciertos elementos químicos (boro y fósforo), y son capaces de generar una corriente de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0.46 a 0.48 Voltios, utilizando como fuente la radiación luminosa. Parte de la radiación incidente se pierde por reflexión (rebota) y otra parte por transmisión (atraviesa las celdas). El resto es capaz de hacer saltar electrones de una capa a la otra creando una corriente proporcional a la radiación incidente. La capa antirreflejo aumenta la eficacia de las celdas en una estructura de apoyo o un marco, se llama módulo fotovoltaico (Figura N° 7). Los módulos están diseñados para proveer un cierto nivel de voltaje, considerado como **Voltaje a circuito abierto Vca (Voc),** definiéndolo como aquel voltaje máximo que genera un módulo solar. Su unidad de medición es el volt. Este voltaje se mide cuando no existe un circuito externo conectado a la celda. (Peña & Montiel, "Celdas Fotovoltaicas para Energizar un Sistema de bombeo de agua, 2003)

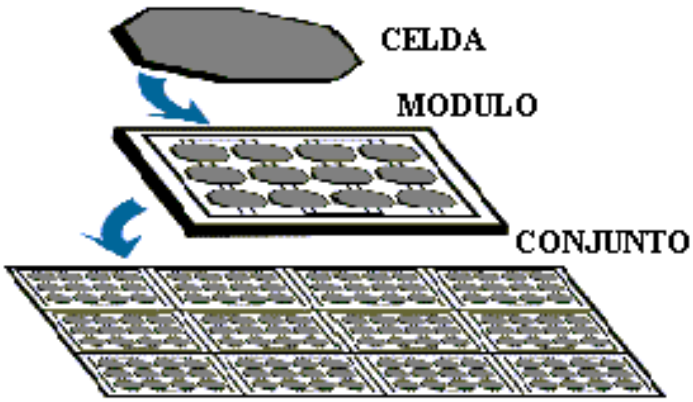


Figura N° 7: Modulo fotovoltaico

Fuente: (Peña & Montiel, "Celdas Fotovoltaicas para Energizar un Sistema de bombeo de agua, 2003)

Además, la corriente producida depende directamente de cuánta luz llega hasta el módulo. Esta es considerada como, **Corriente a corto circuito Icc (Isc).** Es la máxima corriente generada por el módulo solar y se mide cuando se conecta un circuito exterior a la celda con resistencia nula. La unidad de medición es el Amper. Su valor depende del área superficial y de la radiación luminosa. (Peña & Montiel, "Celdas Fotovoltaicas para Energizar un Sistema de bombeo de agua, 2003)

Tabla N° 2
Características de las células solares

CELULAS	RENDIMIENTO LABORATORIO	RENDIMIENTO DIRECTO	CARACTERISTICAS	FABRICACION
MONOCRISTALINO	24%	15-18%	Es típico los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre si	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro
POLICRISTALINO	19-20%	12-14%	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización
AMORFO	16%	< 10%	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico

Fuente: (Alata, 2015)

También en un arreglo FV se pueden conectar eléctricamente en serie o paralelo. Las características eléctricas del arreglo son análogas a la de módulos individuales, con la potencia, corriente y voltaje modificados de acuerdo al número de módulos conectados en serie y en paralelo. (Peña & Montiel, "Celdas Fotovoltaicas para Energizar un Sistema de bombeo de agua, 2003)

Una célula solar es un dispositivo capaz de convertir la energía proveniente de la radiación solar en energía eléctrica. La gran mayoría de las células solares

que actualmente están disponibles comercialmente son de silicio monocristalino o policristalino. Las células monocristalinas de silicio se encuentran más generalizadas aunque su proceso de creación es más complicado. (Alata, 2015)

Bomba, son equipos compuestos de partes y mecanismos que, accionados por un elemento motriz transmiten energía centrífuga a un líquido para incrementar su presión. (Alata, 2015) Las bombas para agua se utilizan para transportar agua de un sitio a otro, o para incrementar la presión o fuerza que se requiera, ya sea para vencer alturas de elevación, alimentar un sistema hidroneumático, mover aspersores, combinaciones de las necesidades anteriormente nombradas, etc. existen varios tipos:

a). Bombas centrífugas

Según (Paredes, 2001) tienen un impulsor que por medio de la fuerza centrífuga de su alta velocidad arrastran agua por su eje y la expulsan radialmente. Estas bombas pueden ser sumergibles o de superficie son capaces de bombear el agua a 60 metros o más, dependiendo del número y tipo de impulsores. Están optimizadas para un rango estrecho de cargas dinámicas totales y la salida de agua se incrementa con su velocidad rotacional.

Las bombas de succión superficial se instalan a nivel del suelo y tienen ventaja de que se les puede inspeccionar y dar servicio fácilmente. Tienen la limitante de que no trabajan adecuadamente si la profundidad de succión excede los 8 metros. (ver figura N° 8).

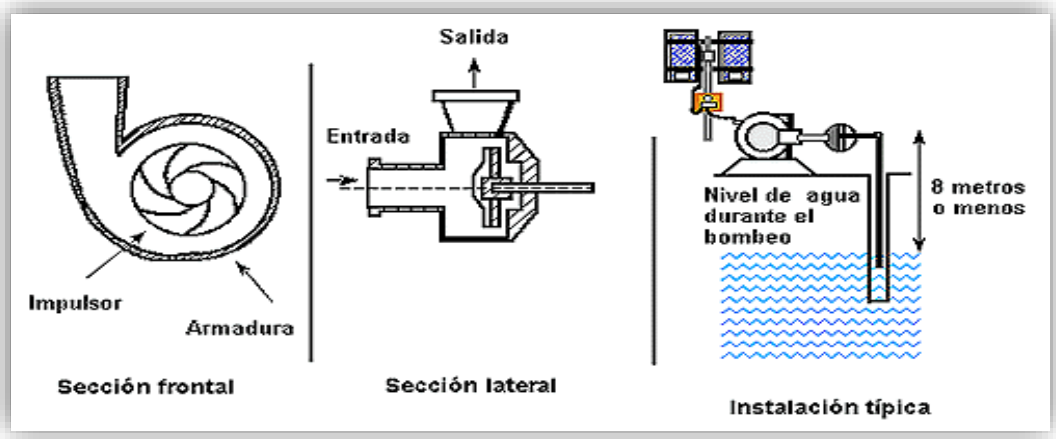


Figura N° 8: Bombas centrifugas de succión superficial

Fuente: (Paredes, 2001)

Figura N° 9: Bomba centrifuga superficial

Fuente: (Paredes, 2001)

Hay una gran variedad de bombas centrifugas sumergibles. Algunas de estas bombas tienen el motor acoplado directamente a los impulsores y se sumergen completamente. Otras, tienen el motor en la superficie mientras que los impulsores se encuentran completamente sumergidos y unidos por una flecha. Generalmente las bombas centrifugas sumergibles tienen varios

impulsores y por ello, se les conoce como bombas de paso múltiple. (Paredes, 2001).

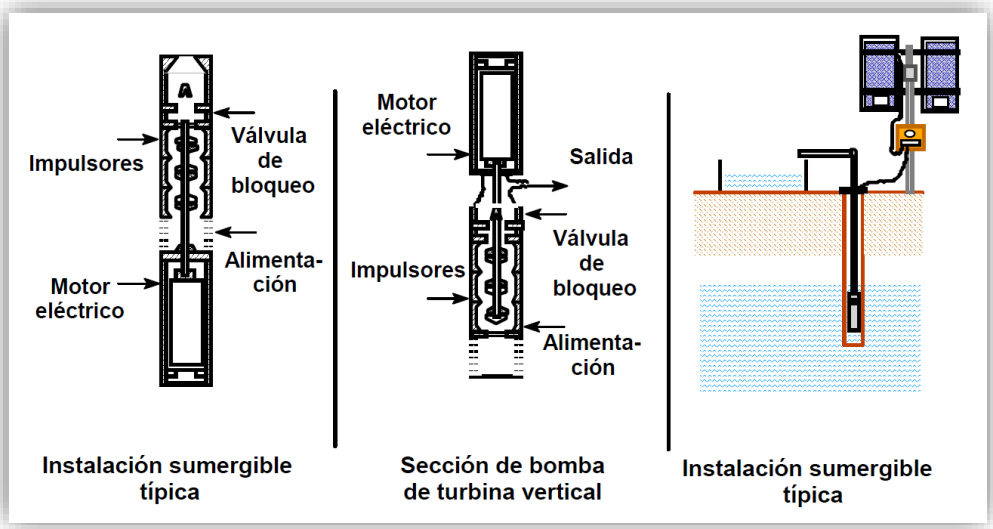


Figura N° 10: Bomba centrifuga sumergible

Fuente: (Paredes, 2001)

Todas las bombas sumergibles están selladas y tienen el aceite de lubricación contenido para evitar contaminación del agua. Otras bombas utilizan el agua misma como lubricante. Estas bombas no deben operarse en seco por que sufren sobrecalentamiento. (Paredes, 2001).

b) Bombas volumétricas.

Las bombas volumétricas o de desplazamiento positivo son adecuadas para el bombeo de bajos caudales y/o donde la profundidad es grande. Algunas de estas bombas usan un cilindro y un pistón para mover paquetes de agua a través de una cámara sellada. Otras utilizan un pistón con diafragmas. Cada ciclo mueve una pequeña cantidad de líquido hacia arriba. El caudal es proporcional al volumen de agua. Esto se

traduce a un funcionamiento eficiente en un amplio intervalo de cargas dinámicas. Cuando la radiación solar aumenta también aumenta la velocidad del motor y por lo tanto el flujo de agua bombea es mayor, ver figura N° 11.

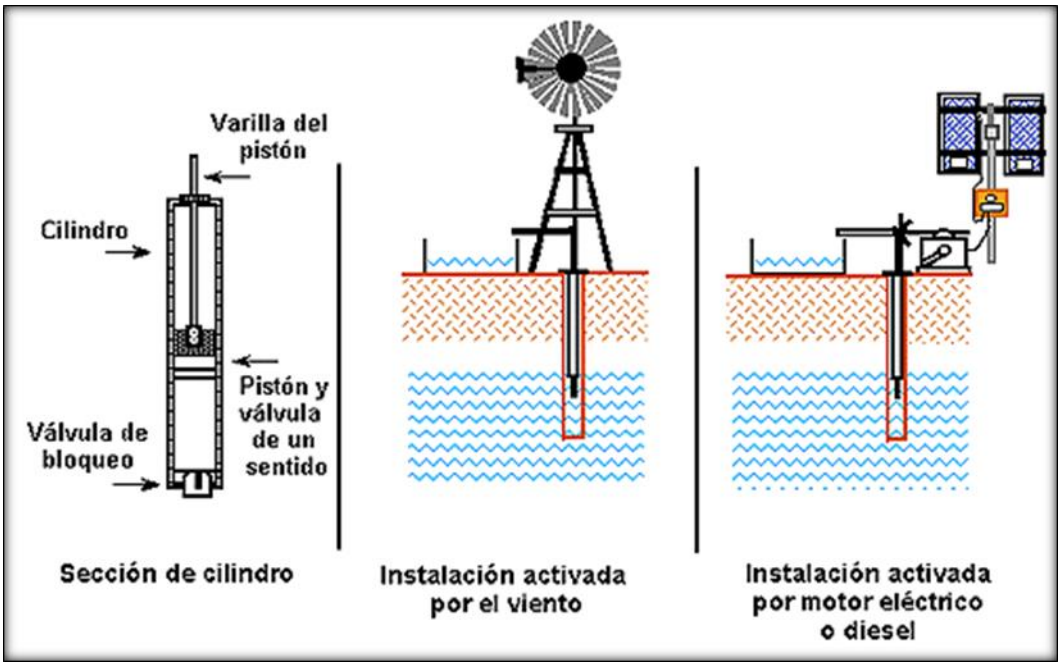


Figura N° 11: Bomba volumétrica de cilindro

Fuente: (Paredes, 2001)

c) Bombas de cilindro:

Las bombas de cilindro han sido muy populares en aplicaciones de bombeo mecánico activadas por el viento, tracción animal o humana. Su principio consiste en que cada vez que el pistón baja, el agua del pozo entra a su cavidad y cuando este sube, empuja el agua a la superficie. La energía eléctrica requerida para hacerla funcionar se aplica solo durante una parte del ciclo de bombeo. Las bombas de esta categoría deben estar siempre conectadas a un controlador de corriente para aprovechar al máximo la potencia otorgada por el arreglo fotovoltaico. (Paredes, 2001).

d) Bombas de diafragma:

Las bombas de diafragma desplazan el agua por medio de diafragmas de un material flexible y resistente. Comúnmente los diafragmas se fabrican de caucho reforzado con materiales sintéticos. En la actualidad, estos materiales son muy resistentes y pueden durar de dos a tres años de funcionamiento continuo antes de requerir reemplazo dependiendo de la calidad del agua. Los fabricantes de estas bombas producen un juego de diafragmas para reemplazo que pueden adquirirse a un precio razonable. Existen modelos sumergibles y no sumergibles. (Ver figura N° 12).

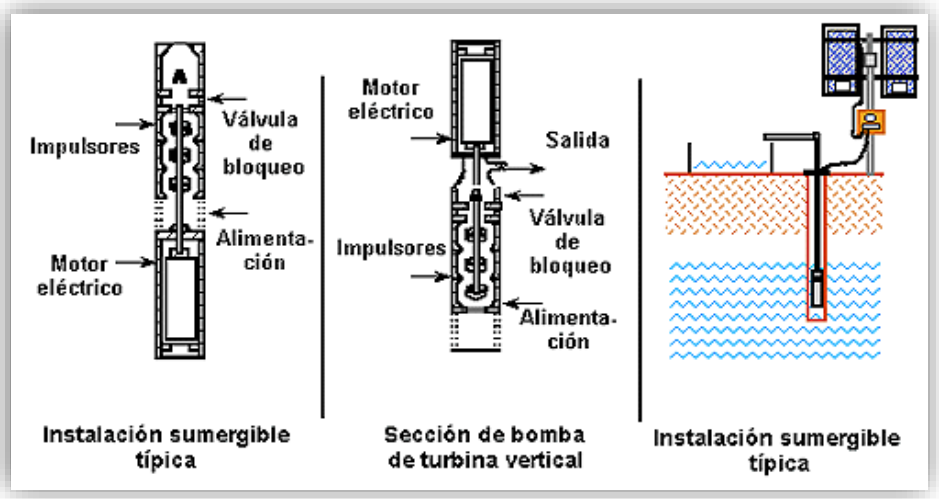


Figura N° 12: Bomba de diafragma sumergible

Fuente: (Paredes, 2001)

Las bombas de diafragma son económicas. Cuando se instala una bomba de este tipo siempre se debe considerar el gasto que representa el reemplazo de diafragmas una vez cada dos o tres años. Más aun, muchas de estas bombas tienen un motor de corriente continua con escobillas. Las escobillas también deben cambiarse periódicamente. Los juegos de reemplazo incluyen los

diafragmas, escobillas, empaques y sellos. La vida útil de este tipo de bomba es aproximadamente 5 años del uso. (Paredes, 2001).

Con respecto a los **motores eléctricos**, pueden ser DC, AC o DC sin escobillas. Es habitual que el motor y la bomba formen una única unidad compacta que denominaremos motobomba o simplemente bomba (Alata, 2015).

Motores DC: Las principales partes del motor de corriente continua son el inductor y el estator. Se denomina estator a la parte fija de la máquina y rotor a la parte giratoria. Estos motores se caracterizan por su voltaje, potencia y velocidad. La potencia que puede desarrollar un motor es proporcional al par y a su velocidad. La velocidad de giro del motor depende del voltaje, la intensidad y el flujo magnético. La utilización de estos motores debe evitarse en sistemas sumergibles debido a que las escobillas requieren un mantenimiento regular que implica sacar la bomba del pozo. Los motores DC ofrecen un alto rendimiento y no necesitan inversor (Alata, 2015).

Motores DC sin escobillas: Los motores sin escobillas tiene un rotor de imanes permanentes y un estator bobinado (normalmente a tres fases). La conmutación del campo, que es realizada por las escobillas es realizada electrónicamente. La electrónica de control puede estar incorporada tanto en el propio motor como externamente. Estos motores son ideales para ser utilizados en bombas sumergibles, su rendimiento es menor al no existir escobillas. Presentan un alto rendimiento y su fiabilidad es parecida a los motores de corriente alterna (Alata, 2015).

Motores AC: Los motores AC son los más usados, existen dos tipos, asíncronos y síncronos. Los más habituales en el uso de energía fotovoltaica

son los motores asíncronos. Al igual que en los motores de corriente continua, los alternos se componen de estator y rotor, con la diferencia que, en éstos, su voltaje, potencia y velocidad de giro dependen fundamentalmente de la frecuencia. Sus principales inconvenientes frente a los motores DC, es su menor rendimiento por las pérdidas en el circuito magnético o el calentamiento del motor, y su coste económico superior por la necesidad de un inversor DC/AC. (Alata, 2015).

2.2.3.2. Equipo de bombeo compatible con sistemas fotovoltaicos.

Según (Paredes, 2001) las bombas comunes disponibles en el mercado han sido desarrolladas pensando en que hay una fuente de potencia constante. Por otro lado, la potencia que producen los módulos FV es directamente proporcional a la disponibilidad de la radiación solar. Es decir, a medida que el sol cambia su posición durante el día y al variar la disponibilidad de potencia también cambia la disponibilidad de potencia de la bomba. Por esta razón se han creado bombas especiales para la electricidad fotovoltaica las cuales se dividen desde el punto de vista mecánico en **centrifugas y volumétricas.**

2.2.3.3. Selección de la bomba

Las bombas centrifugas y volumétricas ofrecen diferentes alternativas para diferentes rangos de aplicación. El proceso de selección de la bomba para un proyecto es de suma importancia. Todas las bombas tienen que usar la energía eficientemente ya que, en un sistema fotovoltaico, la energía cuesta dinero. Este proceso de selección de la bomba se complica debido a la multitud de marcas y características de una bomba. Un solo fabricante puede

ofrecer más de 20 modelos de bombas y cada una tiene un rango óptimo de operación.

Las bombas más eficientes son el desplazamiento positivo de pistón, pero no son recomendables para los gastos medianos y grandes a baja carga dinámica total.

En el diagrama siguiente indica el tipo de bomba adecuada que se recomienda en general según la carga dinámica total del sistema de bombeo. (Paredes, 2001).

Tabla N° 3
Principales características de las bombas fotovoltaicos

Bombas Fotovoltaicas	Características y Ventajas	Desventajas
Centrífugas sumergibles	Comúnmente disponibles. Pueden tolerar pequeñas cantidades de arena. Pueden utilizan el agua como lubricante. Cuentan con motores de CC de velocidad variable o CA. Manejan flujos altos. Operan a cargas dinámicas grandes. Tienen un diseño modular que permite obtener más agua al agregar más módulos fotovoltaicos.	Tienen un rango de eficiencia estrecho con respecto a la CDT. Se dañan si trabajan en seco. Deben extraerse para darles mantenimiento. Sufren desgaste acelerado cuando se instalan en fuentes corrosivas.
Centrífugas de succión superficial	Comúnmente disponibles. Pueden tolerar pequeñas cantidades de arena. Son de fácil operación y mantenimiento por ser superficiales. Cuentan con motores de CC de velocidad variable o CA. Manejan flujos altos. Manejan cargas dinámicas altas, aunque no son capaces de succionar más de 8 metros.	Tienen un rango de eficiencia estrecho con respecto a la CDT. Sufren desgaste acelerado cuando se instalan en fuentes corrosivas. Pueden dañarse por el congelamiento en climas fríos.
Desplaza-miento positivo de pistón	Soportan cargas dinámicas muy grandes. La producción puede variarse ajustando la carrera del pistón.	Requieren de reemplazo regular de sellos del pistón. No toleran arenas o sedimentos. La eficiencia se reduce a medida que el pistón pierde la capacidad de sellar el cilindro. Debe extraerse el pistón y el cilindro del pozo para reparar los sellos . No dan grandes flujos.
Diafragma	Operan a cargas menores de 40 metros. Son muy económicas.	No toleran arenas o sedimentos. No trabajan a cargas dinámicas grandes Bajos flujos.

Fuente: (Paredes, 2001).

2.2.3.4. Controladores

Según (Paredes, 2001) Los controles electrónicos pueden mejorar el rendimiento de un sistema de bombeo solar, bien diseñado, del 10 al 15 %. Los controles se usan con frecuencia en áreas con niveles de agua y/o condiciones atmosféricas fluctuantes. Los controles electrónicos consumen del 4 al 7% de la energía generada por el arreglo. Es común que las bombas FV se vendan junto con el controlador adecuado para operarlas eficientemente. Generalmente se usan controladores de potencia máxima (los cuales operan el arreglo cerca de su punto de potencia pico).

2.2.4. Análisis del caudal necesario para riego

Para poder analizar la necesidad de agua de los cultivos debemos tomar en cuenta la evapotranspiración de éstos, el cual es un proceso que resulta del efecto combinado de la evaporación del agua de un suelo húmedo y la transpiración del correspondiente cultivo en activo crecimiento. (Auccacusi, 2014)

La transpiración es la pérdida de agua por la planta, fundamentalmente a través del sistema foliar. El agua es captada del suelo a través del sistema radicular y circula por la estructura de la planta hasta salir al exterior. (Auccacusi, 2014)

2.2.4.1. Evapotranspiración Potencial (ETP).

Es la cantidad de agua evaporada y transpirada por el cultivo de tamaño corto, como los pastos, que cubre toda la superficie en estado activo de crecimiento y con un suministro adecuado y continuo de agua; para la “Sociedad Americana de Ingenieros Civiles” (ASCE) se utiliza a la alfalfa como pasto estándar para la evapotranspiración potencial con el objetivo de hallar una relación cuantificada entre el pasto estándar y el cultivo real; existen diferentes métodos para poder determinar la ETP pero los más prácticos y conocidos son:

Método del lisímetro.

Método de tanque de evaporación.

Métodos o Formulas empíricas.

Para efectos de investigación y disposición de datos de la zona se optó usar el método de fórmulas empíricas, debido a que es el más utilizado para proyectos en etapa de evaluación. (Auccacusi, 2014)

Métodos o Fórmulas Empíricas.

Consiste en fórmulas o ecuaciones deducidas por diversos investigadores y están basados en aplicación de variables meteorológicas como factores que afectan la tasa de la evapotranspiración potencial y que han sido desarrolladas para zonas con características propias; las fórmulas empíricas más conocidas son:

Método de Penman.

Método de Blaney.

Método de Radiación.

Método de Hargreaves.

Método de Cristiansen.

Método de Jensen – Hais.

El método de mayor aplicación es el Método de Hargreaves y será usado para la evaluación de este proyecto de investigación. (Auccacusi, 2014)

Método de Hargreaves:

Según (Auccacusi, 2014) en este método se analizan dos casos: En base a la radiación y en base a la temperatura; pero debido a la poca investigación sobre niveles de radiación solar durante todo el año en la zona específica de estudio, Se optará, por usar el método en base a la temperatura la ecuación es la siguiente:

$$\boldsymbol{ETP = MFxTMFxCHxCE} \ldots (\mathbf{1})$$

Dónde: ETP: Evapotranspiración potencial [mm/mes].

MF: Factor mensual de latitud,

TMF: Temperatura media mensual [°F].

CH: Factor de corrección para la humedad relativa.

CE: Factor de corrección para la altura o elevación del lugar.

$$\boldsymbol{CH = 0,166x\sqrt{100 - HR}} \ldots (\mathbf{2})$$

Dónde:

HR: Humedad Relativa media mensual [%].

La fórmula anterior se emplea para valores de HR mayores de 64%, pero para HR < 64%, CH = 1.

$$\boldsymbol{CE = 1 + 0,04x\left(\frac{E}{2\,000}\right)} \ldots (\mathbf{3})$$

Dónde: E: Altitud o Elevación del lugar [m.s.n.m].

2.2.4.2. Evapotranspiración real o actual (ETA):

La evapotranspiración real, actual o uso consuntivo de un cultivo es la tasa de evaporación y transpiración de un cultivo exento de enfermedades, que crece en un campo extenso de más de 1 hectárea y en condiciones óptimas de suelo, fertilidad y suministro de agua. (Auccacusi, 2014)

<u>Entonces la evotranspiración real (ETA) es de:</u>

$$\boldsymbol{ETA = KxETP} \ldots (\mathbf{4})$$

Dónde:

ETA: Evapotranspiración real o actual de los cultivos [mm/mes].

k: Coeficiente del efecto de la relación agua-suelo-planta.

ETP: Evapotranspiración potencial [mm/mes].

El factor k, está dado por la relación:

$$\boldsymbol{K = K_C x K_S x K_h} \ldots (\mathbf{5})$$

Dónde:

K_C: Factor de cultivo.

K_S: Factor de suelo.

K_h: Factor de humedad.

Para suelos profundos con adecuadas condiciones físicas y de buena disponibilidad de elementos nutritivos el valor de Ks = 1, este mismo valor tiene Kh para condiciones de óptimo abastecimiento de agua, en el caso de estudio estos valores son aplicables; por lo tanto, el coeficiente del efecto de la relación agua-suelo-planta "k" dependerá fundamentalmente de Kc es decir de la capacidad del cultivo para extraer agua del suelo durante el ciclo vegetativo, entonces la ecuación será:

$$\boldsymbol{ETA = K_C x ETP} \ldots (\mathbf{6})$$

Factor de Cultivo (Kc):

Llamado también coeficiente de cultivo, es un factor que indica el grado de desarrollo o cobertura del suelo por el cultivo del cual se requiere evaluar su consumo de agua. (Auccacusi, 2014)

Los factores que afectan los valores de Kc son principalmente: las características de cultivo, fecha de siembra, ritmo de desarrollo del cultivo, duración del periodo vegetativo, condiciones climáticas y la frecuencia de lluvia o riego, especialmente durante la primera fase de crecimiento. (Auccacusi, 2014)

El coeficiente Kc de cada cultivo, tendrá una variación estacional en función de las fases de desarrollo del cultivo, y que son las siguientes:

a) Fase inicial: Fase 1: Comprende el período de germinación y crecimiento inicial, cuando la superficie del suelo está cubierta apenas o nada por el cultivo. Hasta el 10% de cobertura vegetal. (Auccacusi, 2014)

b) Fase de desarrollo del cultivo: Fase 2: Comprende desde el final de la fase inicial hasta que se llega a una cubierta sombreada efectiva completa del orden de 70 a 80% de cobertura vegetal. (Auccacusi, 2014)

c) Fase de mediados del periodo (Maduración): Fase 3: Comprendida desde que se obtiene la cubierta sombreada efectiva completa hasta el momento de iniciarse la maduración que se hace evidente la decoloración y caída de hojas. (Auccacusi, 2014)

d) Fase final del periodo vegetativo (Cosecha): Fase 4: Comprende desde el final de la fase anterior hasta que se llega a la plena maduración o cosecha. (Auccacusi, 2014)

Los cultivos en su mayoría tienen una curva del coeficiente semejante a la que se observa en la Figura N° 13

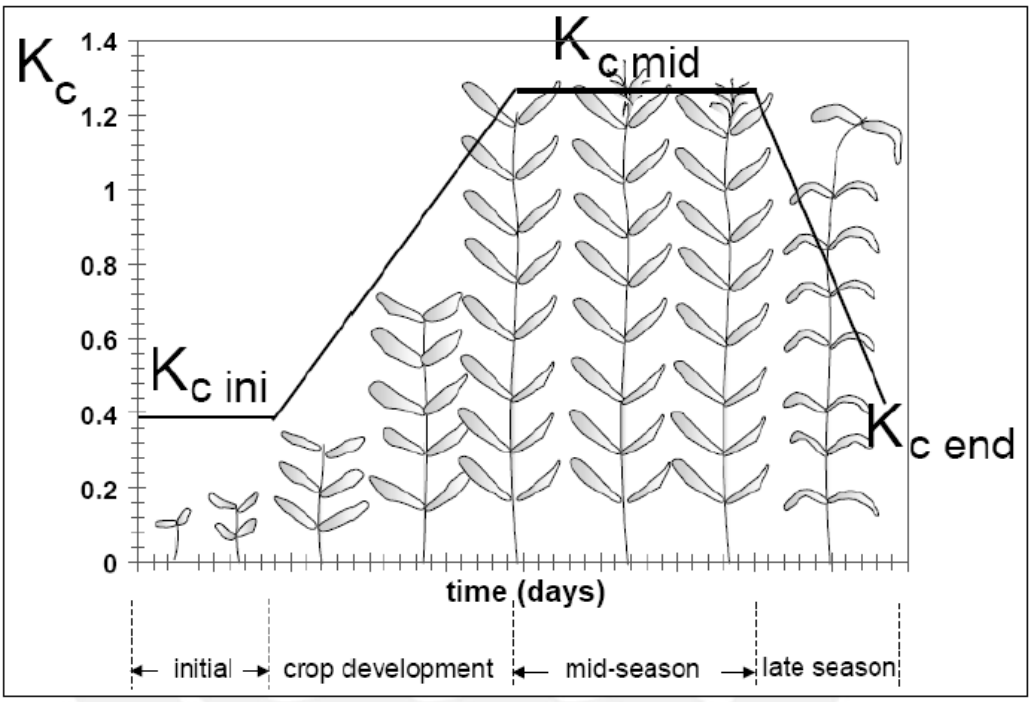


Figura N° 13: curva característica del coeficiente de cultivo

Fuente: (Auccacusi, 2014)

Como podemos observar en la figura anterior, el coeficiente de cultivo Kc es mayor cuando se encuentra en la fase de mediados del periodo o fase 3, produciéndose en esta fase la mayor necesidad de agua, por lo tanto, sabiendo el cultivo que se cosechará, usaremos un cuadro para hallar Kc. (Auccacusi, 2014)

2.2.4.3. Precipitación efectiva (PE)

Durante el proceso de almacenamiento hídrico del reservorio "suelo", la precipitación pluvial constituye un alto porcentaje del contenido de agua en el suelo; pero únicamente una fracción de esta precipitación se dispone para el desarrollo de la planta y la otra parte se pierde por escurrimiento, percolación profunda o evaporación. (Auccacusi, 2014)

En este sentido, al volumen parcial de lluvia utilizado por las plantas para satisfacer sus correspondientes necesidades hídricas en su normal desarrollo, se le ha definido como precipitación efectiva. (Auccacusi, 2014).

Existen diversos métodos para estimar la precipitación efectiva, en este caso se adoptará el criterio empírico de Brouwer y Heibloem, que proponen las siguientes ecuaciones para su aplicación en áreas con pendientes inferiores al 5%. Así en función de la precipitación caída durante el mes tenemos:

$$\boldsymbol{PE = 0,8xP - 25 \;\; SI: P > 75\frac{mm}{mes}} \ldots (7)$$

$$\boldsymbol{PE = 0,6xP - 10 \;\; SI: P < 75\frac{mm}{mes}} \ldots (8)$$

Dónde:

P: Precipitación mensual [mm/mes].

PE: Precipitación efectiva [mm/mes].

3.1.4. Demanda de agua de los cultivos (DA).

Según (Auccacusi, 2014) La Evapotranspiración actual o real (ETA), es la cantidad de agua que requiere la planta para satisfacer sus necesidades fisiológicas. Sin embargo, dentro de su ambiente, la planta no se encuentra aislada, sino que forma parte de un microsistema, sujeto a "entradas" y "salidas", por lo tanto, susceptible de efectuar un balance hídrico, en el que las "entradas" están dadas por todos los aportes hídricos al suelo y las "salidas" por el proceso de agotamiento de la humedad del suelo ocasionado por la evapotranspiración actual (ETA):

$$\boldsymbol{DA = ETA - (PE + CA + N)} \ldots (\mathbf{9})$$

Dónde:

DA: Demanda de agua para el periodo considerado [mm/mes].

ETA: Evapotranspiración real o actual [mm/mes].

Nf: Aporte eventual del nivel freático [mm/mes].

PE: Precipitación efectiva [mm/mes].

CA: Diferencia entre la capacidad de almacenamiento de humedad del suelo, inicial y final del periodo considerado [mm/mes].

El valor de Nf, se considera igual a cero "0" tanto para condiciones donde no existe influencia de nivel freático, así como en aquellas situaciones donde se puede controlar la ascensión capilar del nivel freático, mediante un adecuado sistema de drenaje, capaz de evitar daños físicos al sistema radicular de la planta. (Auccacusi, 2014)

El valor de CA, se considera igual a cero "0" para efectos de planificación de proyectos de irrigación, dado que, en éstos, el objetivo es conocer la demanda

de agua total del proyecto por lo que se asume que el suelo no contiene humedad. (Auccacusi, 2014)

En vista de lo anterior, la demanda de agua para el periodo considerado de la ecuación (9), quedará expresada por la ecuación (10):

$$\boldsymbol{DA = ETA - (PE)} \ldots (\mathbf{10})$$

Todas las definiciones anteriores son necesarias con el objeto de hallar la demanda de agua para regar, en este caso específico, 3 hectáreas de cultivo y por lo tanto encontrar el caudal óptimo para sembrar y cosechar en la zona de investigación. (Auccacusi, 2014).

2.2.5. Evaluación económica de proyectos de inversión

Los sistemas fotovoltaicos tienen actualmente múltiples aplicaciones (en el sector doméstico, industrial y agropecuarias, pero es necesario un análisis de viabilidad económica y factibilidad técnica para determinar si es la más apropiada para tal fin.

2.2.5.1. Indicadores

El VAN y el TIR son dos herramientas financieras procedentes de las matemáticas financieras que nos permiten evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión, entendiéndose por proyecto de inversión no solo como la creación de un nuevo negocio, sino también, como inversiones que podemos hacer en un negocio en marcha, tales como el desarrollo de un nuevo producto, la adquisición de nueva maquinaria, el ingreso en un nuevo rubro de negocio, etc. (Llauce Chozo, 2016).

Valor Actual Neto (VAN)

Según (economipedia, 2019) el Valor Actual Neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. También se conoce como Valor neto actual (VNA), valor actualizado neto o valor presente neto (VPN).

Para ello trae todos los flujos de caja al momento presente descontándolos a un tipo de interés determinado. El VAN va a expresar una medida de rentabilidad del proyecto en términos absolutos netos, es decir, en número de unidades monetarias (euros, dólares, pesos, etc.).

Se utiliza para la valoración de distintas opciones de inversión. Ya que calculando el VAN de distintas inversiones vamos a conocer con cuál de ellas vamos a obtener una mayor ganancia (economipedia, 2019).

$$\boldsymbol{VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^{n} \frac{F_t}{(1+k)^t} \ldots . (11)}$$

F_t: son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0: es la inversión realiza en el momento inicial (t = 0)

n: es el número de periodos de tiempo

k: es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

El VAN sirve para generar dos tipos de decisiones: en primer lugar, ver si las inversiones son efectuables y, en segundo lugar, ver qué inversión es mejor que otra en términos absolutos. Los criterios de decisión van a ser los siguientes:

VAN > 0: el valor actualizado de los cobro y pagos futuros de la inversión, a la tasa de descuento elegida generará beneficios.

VAN = 0: el proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas, siendo su realización, en principio, indiferente.

VAN < 0: el proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

Según (economipedia, 2019) la Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto.

Es una medida utilizada en la evaluación de proyectos de inversión que está muy relacionada con el Valor Actualizado Neto (VAN). También se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, para un proyecto de inversión dado.

La tasa interna de retorno (TIR) nos da una medida relativa de la rentabilidad, es decir, va a venir expresada en tanto por ciento. El principal problema radica en su cálculo, ya que el número de periodos dará el orden de la ecuación a resolver. Para resolver este problema se puede acudir a diversas aproximaciones, utilizar una calculadora financiera o un programa informático.

$$0 = -\boldsymbol{I_0} + \sum_{t=1}^{n} \frac{\boldsymbol{F_t}}{(\mathbf{1} + \boldsymbol{TIR})^t} \ldots . (\mathbf{12})$$

F_t: son los **flujos de dinero** en cada periodo t

I_0: es la inversión realiza en el momento inicial (t = 0)

n: es el número de periodos de tiempo

Criterio de selección de proyectos según la Tasa interna de retorno

El criterio de selección será el siguiente donde "k" es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN:

Si TIR > k, el proyecto de inversión será aceptado. En este caso, la tasa de rendimiento interno que obtenemos es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.

Si TIR = k, estaríamos en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era igual a cero. En esta situación, la inversión podrá llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa y no hay alternativas más favorables.

Si TIR < k, el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que le pedimos a la inversión.

2.3. Definición conceptual de la terminología empleada.

Abatimiento: Falta o pérdida de fuerza o energía. Inclinación o giro de algo que estaba vertical.

Celdas fotovoltaicas: Una celda fotovoltaica tiene como función primordial convertir la energía captada por el sol en electricidad a un nivel atómico.

Evaporación: Transformación de un líquido en vapor o gas.

Hidráulica: Parte de la mecánica que estudia las propiedades mecánicas de los líquidos. Rama de la ingeniería que estudia la manera de conducir y aprovechar las aguas.

Homogeneidad: Igualdad o semejanza en la naturaleza o el género de varios elementos. Uniformidad en la composición y la estructura de una sustancia o mezcla.

Humedad: Presencia de agua u otro líquido en el ambiente. Agua de que está impregnada un cuerpo o que, vaporizada se mezcla con el aire.

Insolación: Es la cantidad de energía en forma de radiación solar que llega a un lugar de la Tierra en un día concreto (insolación diurna) o en un año (insolación anual).

Irradiancia: Es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética.

Latitud: Distancia desde un punto de la superficie terrestre al Ecuador, contada por los grados de su meridiano.

Meteorología: Ciencia que estudia los fenómenos atmosféricos, las propiedades de la atmósfera, y en especial su relación con el tiempo atmosférico y la superficie de la tierra y mares.

Pluvial: Fluvial en la que la mayor parte del caudal procede de las aguas de la lluvia.

Viscosidad: Es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales. Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal. En realidad, todos los fluidos conocidos presentan algo de viscosidad, siendo el modelo de viscosidad nula una aproximación bastante buena para ciertas aplicaciones.

Carga: Cualquier dispositivo o aparato que demanda potencia. Esta depende de cada aparato y varía durante el día de acuerdo a la manera en que ésta opera.

Celda solar o celda fotovoltaica: Elemento que transforma la luz solar (fotones) en electricidad. Es el insumo fundamental de los módulos solares fotovoltaicos.

Celdas de película delgada: Celdas fabricadas de películas del orden de los micrones de material sensible a la radiación solar.

Condiciones de prueba estándar: Condiciones en las cuales se prueban los módulos fotovoltaicos en laboratorio (1 kWh/m^2 de radiación solar, 25°C de temperatura de la celda solar y espectro solar correspondiente a una masa de aire de 1,5)

Conexión en paralelo: Método de conexión en el cual todos los bornes positivos y negativos se juntan. Si los módulos son todos iguales, la corriente se suma y la tensión permanece igual.

Conexión en serie: Método de conexión en el cual el borne positivo de un módulo se conecta al borne negativo del siguiente y así sucesivamente. Si los módulos son todos iguales, el voltaje se suma y la corriente permanece igual.

Consumo eléctrico: Número de Watts hora (Wh) o Kilowatts hora (kWh) utilizados para que funcione un aparato eléctrico durante un tiempo. Depende de la potencia del aparato y del tiempo que esté funcionando.

Corriente alterna: En la corriente alterna (CA o AC, en inglés) los electrones, a partir de su posición fija en el cable (centro), oscilan de un lado al otro de su centro, dentro de un mismo entorno o amplitud, a una frecuencia determinada (número de oscilaciones por segundo)

Corriente continua: La corriente continua (CC o DC, en inglés) se genera a partir de un flujo continuo de electrones (cargas negativas) siempre en el mismo sentido, el cual va desde el polo negativo de la fuente al polo positivo. Al desplazarse en este sentido los electrones, los huecos o ausencias de electrones (cargas positivas) lo hacen en sentido contrario, es decir, desde el polo positivo al negativo.

Corriente de corto circuito: Corriente que se mide en condiciones de corto circuito en los terminales de un módulo.

Corriente de máxima potencia: Corriente correspondiente al punto de máxima potencia.

Cortocircuito: Conexión accidental de dos conductores de distinta fase, o de éstos con el neutro.

Horas de sol pico: Número equivalente de horas a 1 kWh/m^2 de radiación solar que produce la misma cantidad de energía solar que bajo las condiciones reales de insolación.

Instalación eléctrica: Conjunto de aparatos y de circuitos asociados, en previsión de un fin particular: producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

Intensidad eléctrica: Magnitud eléctrica definida como la cantidad de electricidad que pasa a través de la sección de un cable conductor en un segundo. Se mide en Amperios (A)

NOCT (Nominal Operation Cell Temperature): Es la temperatura que alcanza la celda cuando ésta se expone a 800 W/m^2 de radiación en un ambiente con aire a 20°C de temperatura y circulando a una velocidad de 1 m/s, cuando la celda está en circuito abierto.

Voltaje de circuito abierto: Voltaje que se mide en los terminales sin carga de un sistema fotovoltaico.

Voltaje de máxima potencia: Voltaje correspondiente al punto de máxima potencia.

Watt pico: Unidad de medida de un módulo solar fotovoltaico, que significa la cantidad de potencia máxima que puede generar el módulo a condiciones estándar de funcionamiento (1000 W/m^2, 25 °C y 1,5 de masa de aire)

Célula solar o fotovoltaica. Dispositivo que transforma la energía solar en energía eléctrica

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada debido a que aremos uso de la teoría sobre sistemas fotovoltaicos y sistemas de bombeo de agua para proponer una alternativa que permita el ser implementado solucionar la realidad problemática en el fundo Manto de Cristo.

El diseño de la investigación es no experimental no se van a manipular las variables.

3.2. Hipótesis

Es viable técnica y económicamente un sistema de bombeo de agua para la siembra de 3 hectáreas de limón de propiedad del señor: Reynaldo Rodas Torres, con energía solar fotovoltaica en el fundo Manto de Cristo perteneciente al sector Chaparri en Chongoyape, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

3.3. Población y muestra

Población: Fundo Manto de Cristo perteneciente al sector Chaparri en Chongoyape, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

Muestra: Fundo Manto de Cristo perteneciente al sector Chaparri en Chongoyape, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque.

3.4. Variables - Operacionalización

Tal como se muestra en la Tabla N° 4, se identifican las variables y se operacionalizan

Tabla N° 4
Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores
Viabilidad técnica y económica	Llevar a cabo una investigación completa, que conduzca al conocimiento de si realmente el proyecto aportará los beneficios que se esperan de él. No es una simple formalidad burocrática, sino que es una herramienta necesaria para la toma de decisiones estratégica. (obsbusinessschool, 2018).	Para determinar la viabilidad del proyecto de inversión es necesario calcular el VAN , la TIR además del tiempo de retorno de la inversión.	VAN. TIR. tiempo de retorno del capital.
Sistema de bombeo de agua con energía solar	El bombeo de agua solar es un sistema de creación de energía hidráulica. Se lleva a cabo de forma limpia, sin combustibles fósiles y se puede instalar en lugares donde no llega la red eléctrica. (autosolar, 2015).	En el dimensionamiento del sistema de bombeo de agua con energía solar se requiere la cantidad de agua promedio diaria requerido por las 3 hectáreas de cultivo de limón y la irradiación solar presente en la zona del proyecto.	Demanda de agua (m^3). Irradiación solar ($kW.h/m^2/día$). Potencia del panel solar (Wp)

Fuente. Elaboración propia

X: Variable independiente:

Viabilidad técnica y económica

Y: Variable dependiente:

Sistema de bombeo de agua con energía solar

3.5. Métodos y Técnicas de investigación

Técnicas

a) La Entrevista

La entrevista en investigación cualitativa Para Denzin y Lincoln (2005, p. 643, tomado de Vargas, 2012) la entrevista es "una conversación, es el arte de realizar preguntas y escuchar respuestas". Como técnica de recogida de datos, está fuertemente influenciada por las características personales del entrevistador Lo utilizaremos para recopilar información del número de hectáreas, costo de la semilla de limón, costo para la siembra y cosecha, precio de venta.

b) Observación directa

Este tipo de técnica nos permitirá realizar una inspección visual de la situación actual y elaborar la realidad problemática.

3.6. Descripción de los instrumentos utilizados

Los instrumentos utilizados en el presente trabajo de investigación; son distintos para cada una de las variables como las etapas del trabajo efectuado.

a. Entrevista: se entrevistó al señor: Reynaldo Rodas Torres, dueño de 3 hectáreas de terreno en el cual tiene proyectado la siembra de limón, con la finalidad de obtener datos sobre la profundidad del pozo, número de hectáreas, tipo de cultivo; para ello se utilizó un cuaderno y lapicero, y una cámara fotográfica.

b. **Observación**: Para anotar aspectos importantes como posible ubicación de los paneles fotovoltaicos, ubicación del tanque de almacenamiento de agua, se utilizó cuaderno de apuntes y cámara fotográfica.

3.7. Análisis Estadístico e interpretación de los datos

En las visitas realizadas Fundo Manto de Cristo perteneciente al sector Cahaparri en Chongoyape, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. se recopilarán datos para determinar la demanda de agua. Los datos se procesarán y analizarán por medios electrónicos, clasificados y sistematizados de acuerdo a las unidades de análisis correspondientes respecto a la variable. Para el procesamiento se utilizará la estadística descriptiva, que nos permitirá obtener valores promedio de irradiación solar a través de la tabulación de datos que nos permita organizar la información entre los cuales tenemos: tablas y gráficos estadísticos con sus respectivas descripciones e interpretaciones de los resultados. Para el análisis si se está dimensionando los paneles solares, controladores y el dimensionamiento de la bomba, se utilizará en el procesamiento de la información software aplicativos como el Office 2019- (Word, Excel) para la diagramación de barras, columnas y otros.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

4.1. Descripción del sistema propuesto

La alternativa que se propone es un sistema de bombeo fotovoltaico que se obtendrá a través de los siguientes procesos.

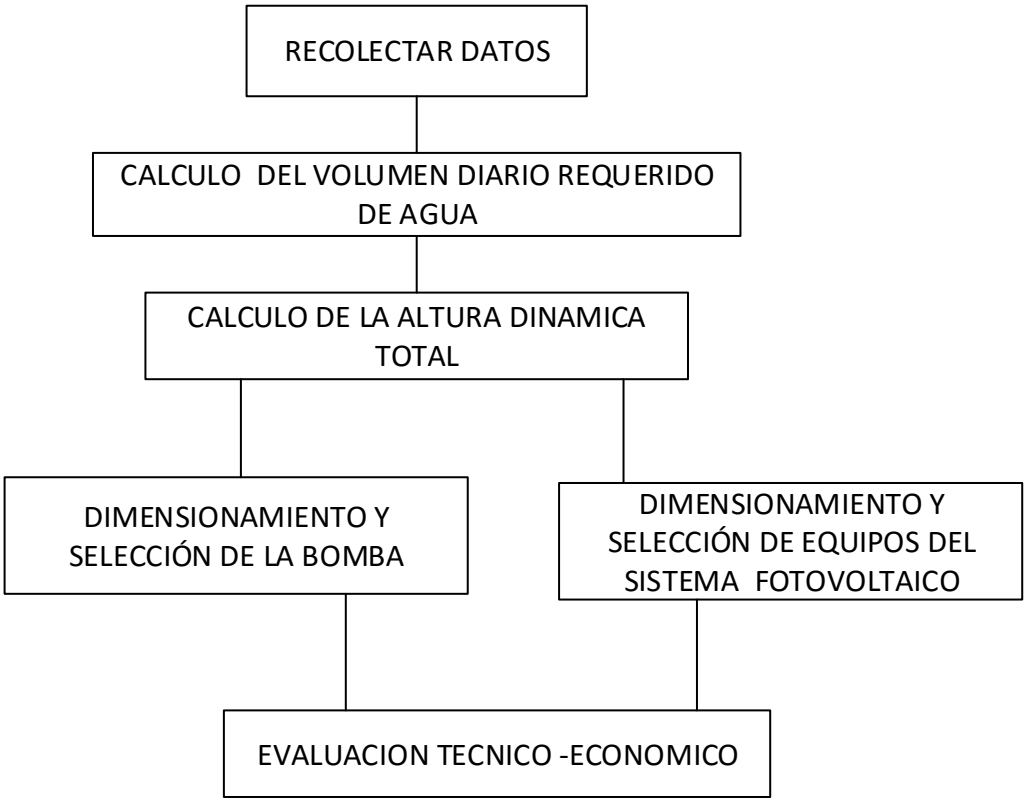


Figura N° 14: Procedimiento para la investigación

Fuente: elaboración propia

1. Recolectar datos, en esta etapa se recolectarán datos de la estación meteorológica Tinajones del SENAMHI (ver figura Nº 15), tanto datos de temperatura promedio mensual, humedad relativa mensual y precipitación mensual. Con la entrevista al propietario del fundo obtendremos los datos del tipo de cultivo, costo de semilla, costo de siembra y cosecha además precio de venta del limón.

Figura N° 15: estación meteorológica SENAMHI

Fuente: (SENAMHI, 2018)

2. Cálculo del volumen requerido de agua: es esta etapa y de acuerdo al tipo de cultivo (limón), los datos climáticos y se calcula la cantidad de agua requerida para las 3 hectáreas de cultivo de limón.

3. Cálculo de la altura dinámica total, en ese caso se tendrá en cuenta la profundidad del pozo que se tiene actualmente instalado.

4. Dimensionamiento del sistema de bombeo, en base al caudal diaria y la altura dinámica total la potencia y energía del sistema de bombeo y se propone una bomba de tal manera que cumpla con los requerimientos; a partir de la energía eléctrica necesaria para la bomba se dimensionara el generador fotovoltaico.

5. Evaluación económica: se realizará la evaluación económica considerando el flujo de caja entre la alternativa planteada para calcular en VAN, la TIR y el tiempo de retorno de la inversión considerando un horizonte de 20 años (vida útil del generador fotovoltaico).

CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Irradiación solar en la zona del proyecto

Para determinar la irradiación solar promedio en la zona del proyecto se ha consultado 2 fuentes las cuales se detallan a continuación con sus datos

5.1.1. Irradiación solar según el atlas solar del Perú

Del atlas solar del Perú la irradiación solar este entre de 4 kWh/m^2/día y 5 kWh/m^2/día, con un promedio de 4,5 kWh/m^2/día

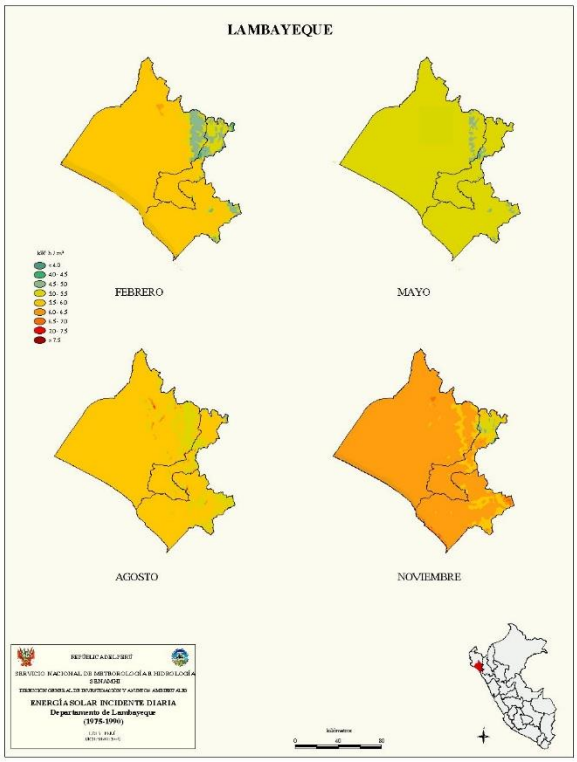


Figura N° 16: Irradiación solar en el departamento de Lambayeque

Fuente: (deltavolt, 2003)

5.1.2. Irradiación solar según la NASA

De las coordenadas geográficas podemos ingresar a la página web: https://power.larc.nasa.gov/

Tabla N° 5
Coordenadas geográficas del fundo manto de Cristo

Latitud	Longitud
-6.65563500000	-79.4710783330

Fuente: http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/

Los resultados fueron los siguientes:

Tabla N° 6
Irradiación solar según la NASA

mes	Irradiación solar kW.h/m^2/día
Enero	5,70
Febrero	5,55
Marzo	5,84
Abril	5,38
Mayo	4,89
Junio	4,47
Julio	4,48
Agosto	4,91
Septiembre	5,59
Octubre	5,95
Noviembre	5,98
Diciembre	5,86

Fuente:

Ahora Comparando los datos anteriores tal como se muestra en la siguiente Figura N° 17

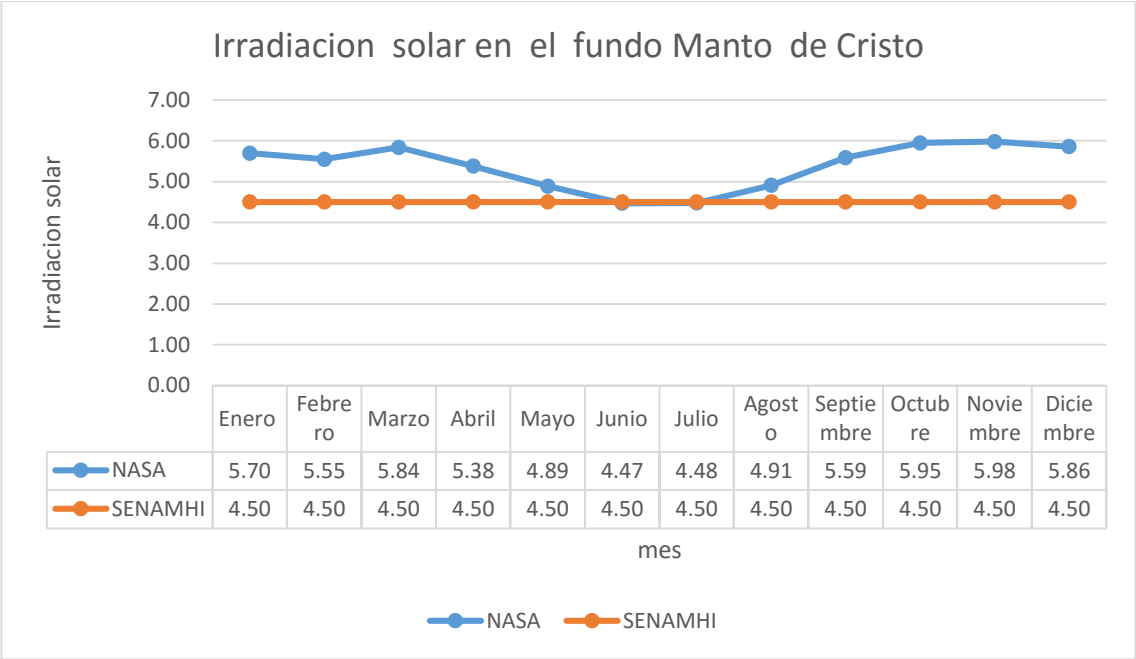


Figura N° 17: Comparación entre las fuentes de datos de irradiación solar

Fuente: elaboración propia

Tabla N° 7
Temperatura promedio mensual, Humedad relativa, precipitación mensual

Estación : TINAJONES							
Departamento :	LAMBAYEQUE	Provincia :	CHICLAYO	Distrito :	CHONGOYAPE	Ir :	
Latitud :	6°39'17.75" S	Longitud :	79°25'40.43" W	Altitud :	182 msnm.		
Tipo :	Convencional - Meteorológica	Codigo :	106049				

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
2018	25,3	26,0	25,8	25,4	23,2	20,6	20,6	20,9	21,5	22,1	23,3	24,6

HUMEDAD RELATIVA MENSUAL (%)
MEDIA MENSUAL

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
2018	67,8	67,7	67,8	72,9	77,8	80,8	78,3	77,7	75,9	70,8	70,8	0,0

PRECIPITACIÓN (mm)
TOTAL MENSUAL

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
2018	10,50	1,80	6,90	23,20	2,00	0,00	0,00	0,00	0,80	2,60	5,20	5,00

Fuente: elaborado a partir de los datos de la estación meteorológica Tinajones en Chongoyape

5.2. Demanda de agua promedio para el cultivo de 3 hectáreas de limón

Tabla N° 8
Factor mensual de latitud

LAT. SUR	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2.788	2.117	2.354	2.197	2.137	1.990	2.091	2.216	2.256	2.358	2.234	2.265
2	2.371	2.136	2.357	2.182	2.108	1.956	2.050	2.194	2.251	2.372	2.263	2.301
3	2.353	2.154	2.360	2.167	2.079	1.922	2.026	2.172	2.246	2.386	2.290	2.337
4	2.385	2.172	2.362	2.151	2.050	1.888	1.993	2.150	2.240	2.398	2.318	2.372
5	2.416	2.189	2.363	2.134	2.020	1.854	1.960	2.126	2.234	2.411	2.345	2.407
6	2.447	2.205	2.363	2.117	1.980	1.820	1.976	2.103	2.226	2.422	2.371	2.442
7	2.478	2.221	2.363	2.099	1.959	1.785	1.893	2.078	2.218	2.433	2.397	2.476
8	2.508	2.237	2.362	2.081	1.927	1.750	1.858	2.054	2.210	2.443	2.423	2.510
9	2.538	2.251	2.360	2.062	1.896	1.715	1.824	2.028	2.201	2.453	2.448	2.544
10	2.567	2.266	2.357	2.043	1.864	1.679	1.789	2.003	2.191	2.462	2.475	2.577
11	2.596	2.279	2.354	2.023	1.832	1.644	1.754	1.976	2.180	2.470	2.497	2.610
12	2.625	2.292	2.350	2.002	1.799	1.608	1.719	1.950	2.169	2.477	2.520	2.643
13	2.652	2.305	2.345	1.981	1.767	1.572	1.684	1.922	2.157	2.484	2.545	2.673
14	2.680	2.317	2.340	1.959	1.733	1.536	1.648	1.895	2.144	2.490	2.566	2.706
15	2.707	2.328	2.334	2.937	1.700	1.500	1.612	1.867	2.131	2.496	2.588	2.738
16	2.734	2.339	2.317	1.914	1.666	1.464	1.576	1.838	2.117	2.500	2.610	2.769
17	2.760	2.349	2.319	1.891	1.632	1.427	1.540	1.809	2.103	2.504	2.631	2.799
18	2.785	2.359	2.311	1.867	2.598	1.391	1.504	1.780	2.088	2.508	2.651	2.830
19	2.811	2.368	2.302	1.843	1.564	1.354	1.467	1.750	2.072	2.510	2.671	2.859

Fuente: (Auccacusi, 2014)

Se ingresan los datos de la estación meteorológica

Tabla N° 9
Datos de la estación meteorológica Tinajones-Chongoyape y NASA

Parámetros	***Enero***	***Febrero***	***Marzo***	***Abril***	***Mayo***	***Junio***	***Julio***	***Agosto***	***Septiembre***	***Octubre***	***Noviembre***	***Diciembre***
Temperatura (°C)	25,31	26,04	25,82	25,37	23,20	20,56	20,63	20,86	21,53	22,11	23,32	24,64
Temperatura (°F)	77,55	78,86	78,48	77,66	73,77	69,00	69,14	69,55	70,76	71,79	73,98	76,36
humedad relativa	67,77	67,71	67,81	72,85	77,77	80,82	78,33	77,72	75,93	70,82	70,84	71,20
Factor mensual de latitud (MF)	2,47	2,221	2,365	2,099	1,939	1,785	1,893	2,078	2,216	2,433	2,397	2,475
Precipitación (mm/mes)	10,50	1,80	6,90	23,20	2,00	0,00	0,00	0,00	0,80	2,60	5,20	5,00
irradiación solar (kWh/m2/día)	5,7	5,55	5,84	5,38	4,89	4,47	4,48	4,91	5,59	5,95	5,98	5,86

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo el método de Hargreaves descrito en el capítulo II y con la ayuda de una hoja de cálculo en Excel se obtienen los resultados en la siguiente Tabla Nº 10

Tabla N° 10
Cantidad de agua promedio diaria mensual requerida

DIAS del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
MF	2,47	2,221	2,365	2,099	1,939	1,785	1,893	2,078	2,216	2,433	2,397	2,475
TMF	77,55	78,86429	78,482	77,65793	73,76621	69,00	69,14207	69,55172	70,7558621	71,79241	73,9772414	76,3606897
CH	0,942439	0,943221	0,941821	0,864927	0,782626	0,726918	0,77279	0,783597	0,81443986	0,896697	0,8963258	0,89084948
CE	1,004	1,004	1,004	1,004	1,004	1,004	1,004	1,004	1,004	1,004	1,004	1,004
ETP (mm/mes)	181,25	165,87	175,51	141,55	112,39	89,89	101,55	113,71	128,21	157,25	159,58	169,04
ETA	81,56	74,64	78,98	63,7	50,58	40,45	45,7	51,17	57,69	70,76	71,81	76,07
PE	0	0	0	3,92	0	0	0	0	0	0	0	0
DA(mm/mes)	81,56	74,64	78,98	59,78	50,58	40,45	45,7	51,17	57,69	70,76	71,81	76,07
DA(mm/día)	2,630	2,67	2,55	1,99	1,63	1,35	1,47	1,65	1,92	2,28	2,39	2,45
factor de conversión :0,1157	0,304	0,309	0,295	0,23	0,189	0,156	0,17	0,191	0,222	0,264	0,277	0,283
DA(L/s) para las 3 hectáreas	0,912	0,927	0,885	0,69	0,567	0,468	0,51	0,573	0,666	0,792	0,831	0,849
Consumo para riego (m3/día)	98,5	100,12	95,58	74,52	61,24	50,54	55,08	61,88	71,93	85,54	89,75	91,69
Reserva (10% para llenar el tanque)	108,35	110,14	105,138	81,972	67,364	55,594	60,588	68,068	79,123	94,094	98,725	100,859
Caudal (m3/h)	19,01	19,85	18,00	15,24	13,78	12,44	13,52	13,86	14,15	15,81	16,51	17,21

Fuente: elaboración propia

De la Tabla Nº 11 observamos que el caudal necesario de agua es de 19,85 m^3/h. Ahora según el estudio geo eléctrica del pozo (ANEXO 05- Pag 11) el caudal que se puede obtener es de 15 L/s -20 L/s lo que equivale a 54 m^3/h -72 m^3/h por lo que el pozo es capaz de entregar la cantidad de agua que se requiere.

5.3. Dimensionamiento del sistema de bombeo fotovoltaico de agua

5.3.1. Cálculo de la altura equivalente de bombeo

La altura equivalente de bombeo o altura hidráulica de bombeo, es la presión efectiva que debe vencer la bomba para su correcto funcionamiento.

$$\boldsymbol{H_{EB} = H_E + H_D + A_P} \ldots (\mathbf{12})$$

Donde:

HEB: Altura equivalente de bombeo (m)

He: Altura estática (m)

Hd: Altura dinámica (m)

Ap: Abatimiento del pozo (m)

<u>He: Altura estática (m)</u>

Es la distancia desde el nivel del agua en el pozo hasta el punto más elevado donde desea bombearse el agua, el nivel del agua en el pozo es de 45 m (Según el estudio geo eléctrico, ANEXO 05, pág. 11) y la altura de descarga está a 2 m por lo tanto la altura estática será de 47,0 m.

<u>Hd: Altura dinámica (m)</u>

El fluido al circular en el interior de la tubería produce una caída de presión debido a la fricción. Esta pérdida de carga se puede calcular:

La carga dinámica (CD) se puede obtener por omisión (sandianationallaboratories, 2001).

a) Altura dinámica por omisión: Para determinar las perdidas por fricción en la tubería consideraremos que las pérdidas son inferiores al 10 % de la altura útil.

b) Para el abatimiento consideraremos 2,5 m

Entonces

$$H_{EB} = 1{,}1x(45 + 2 + 2{,}5) = 53{,}35\ m \approx 54\ m$$

Consideraremos 54 m para los cálculos

5.3.2. Dimensionamiento de la bomba sumergible

Usando la altura dinámica total de 54 m y con un volumen diario de agua de 110,14 m^3, seleccionamos la clase de bomba que se debe utilizar en el sistema mediante la siguiente Figura:

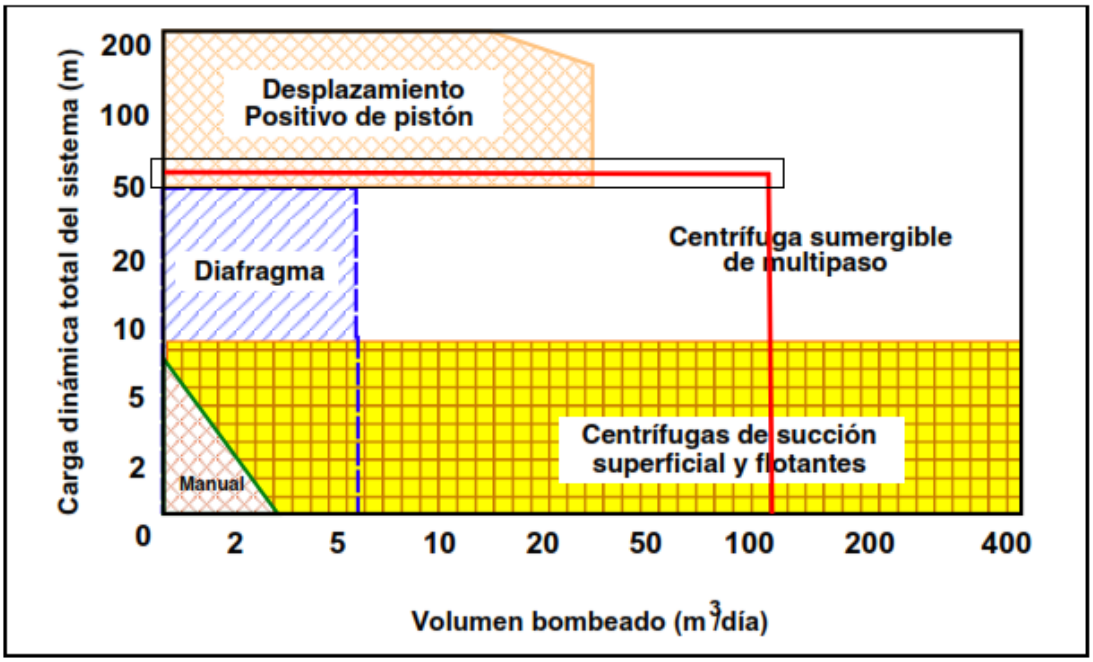


Figura N° 18:Selección preliminar de la bomba solar

Fuente: (Sandia National Laboratories, 2009)

Entonces de la figura anterior se debe seleccionar una bomba centrifuga sumergible. Entonces seleccionaremos una bomba sumergible que sea adaptable al suministro de energía eléctrica con paneles solares.

Con los datos de caudal y de la altura equivalente de la bomba:

Q = 19,85 m^3/h y H_{EB} = 54 m.

<u>Cálculo de la potencia de la bomba solar fotovoltaica</u>

$$\boldsymbol{Potencia = \frac{Qx\gamma xH_{EB}}{n_{bomba}} \ldots.(13)}$$

Donde:

Q: Caudal en m/s

HEB: Altura equivalente de bombeo (m)

γ: Peso específico del agua (N/m^3)

Reemplazando

$$\boldsymbol{Potencia = \frac{19,85x9\,800x54}{3600x0,5} = 5,84\ kW \ldots.(14)}$$

Seleccionamos la bomba solar sumergible de la marca LORENTZ por ser de una marca comercial y tiene representantes locales en Perú, entonces a partir de la potencia seleccionamos las bombas sumergibles PSK2-7 y PSK2-9, que desde el punto de vista de la potencia satisfacen la condición (Los modelos PSk2 son de mayor potencia y mayor prestación, entre 7 000 vatios y 21 000 W vatios).

Modelo	PSk2-7	PSk2-9	PSk2-15	PSk2-21	PSk2-25	PSk2-40	PSk2-100
Potencia (máx.)	8 kW	10 kW	15 kW	21 kW	25 kW	37 kW	90 kW
Tensión de entrada	Máx. 850 V						
Corriente de entrada	14 A	20 A	27 A	39 A	48 A	70 A	170 A
V_{mp} óptima	> 575 V						
Tensión del motor	3 x 380/400/415 V 0 – 60 Hz						
Corriente del motor	máx. 3 x 13 A	máx. 3 x 17 A	máx. 3 x 24 A	máx. 3 x 33 A	máx. 3 x 40 A	máx. 3 x 65 A	max. 3 x 160 A
Eficiencia	Máx. 98 %						
Temperatura ambiente	-30 ... 50 °C (-22 ... 122°F)						-10 ... 50 °C (14 ...122°F)
Carcasa	IP 54 - carcasa de acero inoxidable y revestida de pintura electrostática						

Figura N° 19: bombas centrifugas LORENTZ

Fuente: (Lorentz, 2018)

Tabla N° 11
Caudales y alturas máximas para las bombas PKS2-7 Y PKS2-9

Denominación de la bomba	Caudal máximo (m3/h)	H. máximo (m)
PSK2-7 C-SJ17-9	25	80
PSK2-7 C-SJ8-30	13	160
PSK2-7 C-SJ12-15	23	100
PSK2-7 C-SJ30-6	42	50
PSK2-7 C-SJ42-3	76	30
PSK2-7 C-SJ95-1	128	16
PSK2-9 C-SJ8-44	12	180
PSK2-9 C-SJ17-11	25	90
PSK2-9 C-SJ30-7	39	50

Fuente: (LORENTRZ, 2018)

De la tabla N° 11 observamos a primera vista que las bombas apropiadas serian la PSK2-7 C-SJ17-9 y PSK2-9 CC-SJ30-7

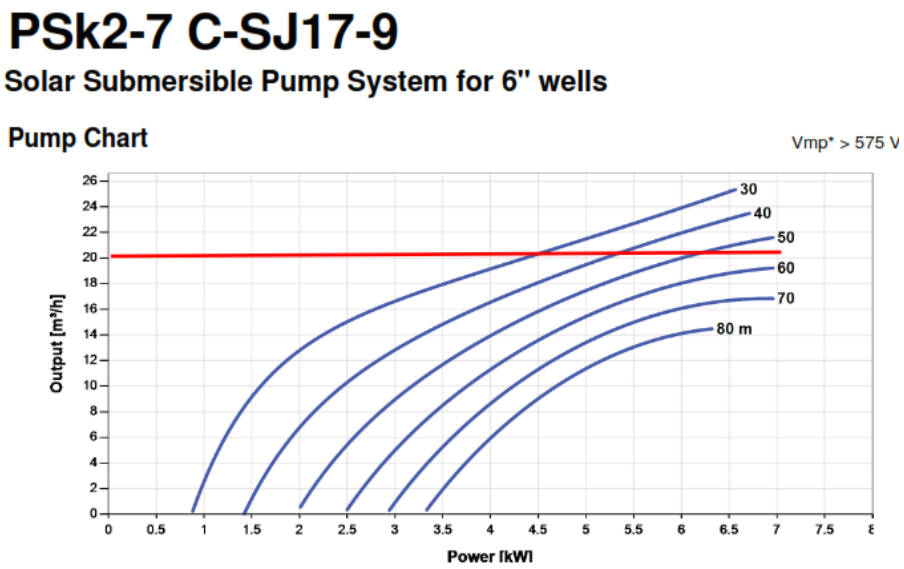


Figura N° 20: Curva de funcionamiento de la bomba PSK2-7 C-SJ17-9

Fuente: (LORENTZ, 2017)

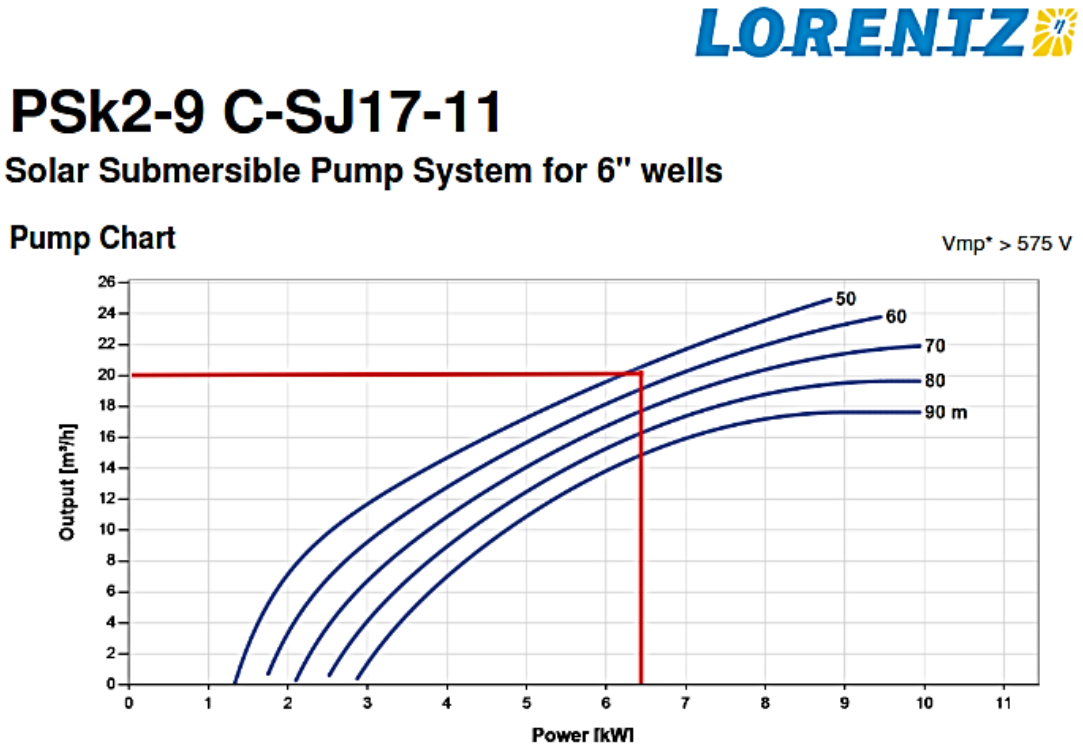


Figura N° 21: Curva de funcionamiento de la bomba PSK2-9 C-SJ17-11

Fuente: (LORENTZ, 2017)

De la figura 21 observamos que la bomba sumergible PSK2-9 C-SJ17-11 cumple con los requerimientos, por lo que esta bomba queda seleccionada.

El Sistema de bombeo PSk2 a diferencia del PS no utiliza banco de baterías tal como se puede apreciar en las siguientes Tablas según el manual del fabricante.

Tabla N° 12
Bombas sumergibles LORENTZ PS- funcionamiento solar y funcionamiento con baterías

sistema de bomba		PS200 HR	PS600 HR	PS1800 HR	PS4000 HR
carga dinámica total (CDT) máx.	[m]	50	180	250	450
caudal máx.		2,6	2,6	3,9	2,5
funcionamiento solar:					
voltaje a potencia máx (Vmp)*	[VCC]	>34	>68	>102	>238
voltaje de circuito abierto (Voc)	[VCC]	máx. 100	máx. 150	máx. 200	máx. 375
voltaje nominal	[VCC]	24–48	48–72	72–96	168–192
funcionamiento con batería:					
voltaje nominal	[VCC]	24&48	48	96	n.d.

*) Módulos FV en condiciones de prueba estándar: AM = 1,5, E = 1000W/m², temperatura de célula: 25 °C

Fuente: (Sun. Water. Life., 2015)

Tabla N° 13
Bombas sumergibles PSk2 -funcionamiento solar

Sistema de bomba		PS 7k2	PS 9k2	PS 15k2	PS 21k2	PS 25k2	PS 40k2
Altura dinámica max. (TDH)	[m]	80	180	140	120	200	200
Caudal max.	[m³/h]	128	39	235	218	228	241
Funcionamiento solar:							
Tensión en citrcuito abierto (Voc)	[VDC]	max. 850	max. 850	max. 850	max. 850	max. 850	max. 850

Fuente: (Sun. Water. Life., 2015)

5.3.3. Dimensionamiento del generador fotovoltaico

Se dimensionará el equipamiento fotovoltaico para la bomba.

5.3.3.1. Potencia del generador fotovoltaico

Con la finalidad de dimensionar el sistema fotovoltaico es necesario conocer el consumo de energía diario de la bomba.

$$E_h = \frac{VxH_{EB}}{367} \ldots . (15)$$

Donde:

V: Volumen de agua (110,14 m^3)

HEB: Altura equivalente de bombeo (54 m)

Reemplazando los datos

$$E_h = \frac{110,14x54}{367} \approx 16,21\ kWh/dia$$

Como tenemos los datos de irradiación solar evaluamos la potencia del generador fotovoltaico para cada uno de los meses del año tal como se muestra en la Tabla 14, el mes con mayor consumo de agua es decir 110,14 m^3 es el mes de febrero consideraremos la irradiación solar de febrero para calcular la potencia del generador fotovoltaico el cual dado por la siguiente ecuación:

$$P_p = \frac{1,2xE_h}{\eta xHSP} \ldots (16)$$

$$P_p = \frac{16,20}{0,5} \cdot \frac{1,2}{5,55} = 7,0\ kWp$$

Los resultados para cada uno de los meses del año se muestran a continuación

Tabla N° 14
Cálculo de la potencia del generador fotovoltaico para cada mes del año

	Datos / mes											
Parametros	*Enero*	*Febrero*	*Marzo*	*Abril*	*Mayo*	*Junio*	*Julio*	*Agosto*	*Septiembre*	*Octubre*	*Noviembre*	*Diciembre*
irradiacion solar (kwh/m2/dia)	5,7	5,55	5,84	5,38	4,89	4,47	4,48	4,91	5,59	5,95	5,98	5,86
energia	15,94	16,21	15,47	12,06	9,91	8,18	8,91	10,02	11,64	13,84	14,53	14,84
Potencia de paneles (kWp)	6,7	7,0	6,4	5,4	4,9	4,4	4,8	4,9	5,0	5,6	5,8	6,1

Fuente: elaboración propia

Para la selección de los paneles fotovoltaicos y su configuración hay que tener en cuenta las características del controlador de la bomba

Características técnicas del controlador PSk2-9

Technical Data

Controller PSk2-9

- High efficiency solar pump controller
- Hybrid power (solar / grid / generator) support with LORENTZ SmartSolution
- Inputs for water meter, pressure sensors, digital switches
- Simple configuration with LORENTZ PumpScanner Android™App
- Onboard data logging and system monitoring
- Inbuilt applications for constant pressure, constant flow and daily amount
- Integrated Sun Sensor
- Active temperature management
- Integrated MPPT (Maximum Power Point Tracking)

Power	max. 10 kW
Input voltage	max. 850 V
Optimum Vmp**	> 575 V
Motor current	max. 17 A
Efficiency	max. 98 %
Ambient temp.	-30...50 °C
Enclosure class	IP54

Figura N° 22: Características técnicas del controlador PSk2-9

Fuente: (LORENTZ, 2017)

El número de paneles solares que hay que colocar en serie Se ha considerado trabajar con paneles fotovoltaicos de la marca AMERISOLAR de 330 Wp tal como se muestra en la Tabla Nº 15

Para determinar el número de paneles solares en serie hay que considerar la bomba sumergible LORENTZ tiene una tensión mínima V_{mp} . debe ser mayor a 575 V y menor a 850 V (Ver figura N°22).

Tabla N° 15
Costo del generador fotovoltaico

Fabricante	potencia (Wp)	Costo (S/.)	Nº Paneles en serie	Nº módulos	costo total (S/.)	potencia del generador fotovoltaico (kWp)	Vmp	Vco
AMERISOLAR	330	566,00	16	32	18 112,00	10,56	596,80	734,4
ARTESA	325	1 087,68	18	36	39 156,48	11,70	680,76	835,74
JINKO	330	700,00	16	32	22 400,00	10,56	604,80	750,40
WAARE	320	910,50	16	32	29136,00	10,24	588,80	724,80
JINKO	255	910,50	20	40	36 420,00	10,20	616,00	760,00
JINKO	270	600,00	19	38	22 800,00	10,26	602,30	737,20

Fuente: elaboración propia

De la Tabla Nº 15 se utilizarán 32 paneles fotovoltaicos Amerísolar

$$\boldsymbol{Entonces\ el\ generador\ fotovoltaico\ estara\ conformado\ por\ 32\ paneles\ solares\ Amerisolar\ de\ 330\ Wp}$$

5.3.3.2. Angulo óptimo de inclinación

La inclinación óptima de una superficie fija se realizará utilizando la ecuación (Agustin Castejon, 2010, pág. 13)

$$\boldsymbol{\beta_{opt} = 3,7 + (0,69 \times |\text{Latitud}|) \ldots (20)}$$

Donde

β_{opt}: Angulo de inclinación optimo

Latitud: -6.65563500000

Reemplazando en la ecuación anterior tenemos:

$$\beta_{opt} = 3{,}7 + (0{,}69 \times |-6{,}7°|)$$

$$\beta_{opt} = 8{,}32°$$

luego el ángulo óptimo es de 8,32°.

5.3.4. Cálculo de conductores eléctricos

Según el manual (LORENTZ, 2018, pág. 275) se dan las recomendaciones de las secciones mínimas del cable a utilizar, según la cual la sección mínima del cable a usar es de 2,5 mm^2 para un sistema de bombeo PSK2-9

Tabla N° 16
Secciones mínimas recomendadas según el tamaño del sistema psk2

Sistema PSk2	Cable de salida CC	Cable de entrada CA	Corriente de entrada CA
PSk2-7	2,5 mm^2	2,5 mm^2	15 A
PSk2-9	2,5 mm^2	2,5 mm^2	20 A
PSk2-15	4 mm^2	4 mm^2	25 A
PSk2-21	6 mm^2	6 mm^2	38 A
PSk2-25	10 mm^2	10 mm^2	45 A
PSk2-40	16 mm^2	16 mm^2	70 A

Fuente: (LORENTZ, 2018)

Ahora calcularemos las secciones del conductor para cada tramo teniendo en cuenta la recomendación de la Tabla Nº 16. Debemos tener en cuenta que los paneles fotovoltaicos suministran energía eléctrica en corriente directa y el motor de la bomba consume energía en corriente alterna

Para calcular de la sección del conductor eléctrico en el primer tramo usaremos la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{Seccion\ del\ conductor\ electrico\ en\ mm^2} = \left(\frac{\boldsymbol{2.L.I}}{\boldsymbol{k.\Delta v}}\right) \ldots (\mathbf{17})$$

Donde:

S: es la sección del conductor del cable en continua, en mm^2

L: es la longitud del tramo de conductor que se esté considerando, en *m*

I: es la intensidad de corriente que circula por el conductor, en amperios (*A*)

ΔU: es la caída de tensión máxima permitida en el tramo, en voltios (*V*)

K: es la conductividad del conductor del cable (*56 Cu; 35 Al*)

En la tabla N° 17, siguiente se muestra la caída de tensión máximas y recomendadas para cada tramo de una instalación de bombeo de agua utilizando sistema fotovoltaico.

Tabla N° 17
Porcentajes de caída de tensión

Tramo	Caída de tensión máxima	Caída de tensión recomendada
Panel -regulador fotovoltaico	3 %	1 %
regulador fotovoltaico-reg. Bomba	3 %	1 %
Regulador fotovol.- Baterías	1 %	0,5%
Reg. Bomba-bomba Sumergible	5 %	3%

Fuente: (ingemecanica, 2019)

Consideramos trabajar con el conductor eléctrico THW-90 (Cuzco, Lopez, Paredes, & Rivera, 2019, pág. 20), cuyas características se muestran a continuación (Tabla N° 18)

Tabla N° 18
Conductores eléctricos THW-90

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (mm²)								
CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (*)	
							AIRE	DUCTO
mm²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3846	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603

Fuente: (PROMELSA, 2010)

Los conductores eléctricos se usan en 2 tramos: primero el tramo desde el generador fotovoltaico hasta el controlador y el segundo tramo desde el controlador hasta la bomba.

<u>Tramo 1:</u> desde los paneles fotovoltaicos hasta el regulador fotovoltaico.

La caída de tensión recomendada es de 1%, en primer lugar, calcularemos la tensión que prevalece en este tramo para ello utilizaremos la tensión Vpanel panel fotovoltaico que es de: 24 V y el número de paneles fotovoltaicos en serie es 8, por lo tanto, la tensión en el tramo paneles al controlador es de:

$$\boldsymbol{V_{paneles-controlador} = V_{panel} x N_{paneles-serie}} \ldots (\mathbf{18})$$

$$V_{paneles-controlador} = 24x8 = 192\ V$$

por lo tanto, la caída de tensión en este tramo no deberá ser mayor de: 1,92 V.

Los valores que toman para este tramo los distintos parámetros que se

emplearán para el cálculo de la sección mínima de cable conductor, serán los siguientes:

Consideraremos una longitud de 10 m, esta es la longitud que recorre el cable desde la salida de la caja de conexión de los módulos solares hasta el regulador de carga.

$$\boldsymbol{I_{diseño} = 1,25x\ I_{CC\ mf}\ \text{x}\ N_{ramas-paralelo}} \cdot\cdot (\mathbf{19})$$

$$\boldsymbol{= 1,25x9,16x1 = 11,45\ A}$$

$$\boldsymbol{Seccion\ del\ conductor - tramo1 = \left(\frac{2x10x11,45}{56x1,92}\right)}$$

$$\boldsymbol{Seccion\ del\ conductor - tramo1 = 2,13\ mm2}$$

De la tabla N° 15, la seleccionamos el conductor de 2,5 **mm²**.

<u>Tramo 2:</u> Regulador fotovoltaico hasta el regulador de la bomba.

La caída de tensión recomendada es de 1%, en primer lugar, calcularemos la tensión que prevalece en este tramo, para ello debemos considerar que los controladores fotovoltaicos están unidos en serie y la tensión en cada regulador es de 192 V, entonces la tensión total será de 192x4=768 V entonces

$$\boldsymbol{V_{Reg.fot.-Reg.Bomba} = 768\ V}$$

por lo tanto, la caída de tensión en este tramo no deberá ser mayor de: 7,68 V. Los valores que toman para este tramo los distintos parámetros que se emplearán para el cálculo de la sección mínima de cable conductor, serán los siguientes:

Consideraremos una longitud de 20 m, esta es la longitud que recorre el cable desde la salida de la caja de conexión de los módulos solares hasta el regulador de carga.

$$\boldsymbol{I_{diseño} = 1,25x\ I_{CC\ mf}\ \text{x}\ N_{ramas-paralelo}} \cdot\cdot (\mathbf{19})$$

$$\boldsymbol{= 1,25x9,16x1 = 11,45\ A}$$

$$\boldsymbol{Seccion\ del\ conductor - tramo1 = \left(\frac{2x20x11,45}{56x7,68}\right) = 1,1\ mm2}$$

De la tabla N° 15, la seleccionamos el conductor de 2,5 **mm²**.

<u>Tramo 3:</u> Regulador fotovoltaico hasta las baterías.

La caída de tensión recomendada es de 1%, en primer lugar, calcularemos la tensión que prevalece en este tramo, que es la tensión del regulador 192 V, entonces: el 0,5 % será de 0,96 V

Consideraremos una longitud de 5 m, esta es la longitud que recorre el cable desde la salida de la caja de conexión de los módulos solares hasta el regulador de carga.

$$\boldsymbol{I_{diseño} = 1,25x\ I_{CC\ mf}\ \text{x}\ N_{ramas-paralelo}} \cdot\cdot (\mathbf{19})$$

$$\boldsymbol{= 1,25x9,16x1 = 11,45\ A}$$

$$\boldsymbol{Seccion\ del\ conductor - tramo1 = \left(\frac{2x5x11,45}{56x0,96}\right) = 2,13\ mm2}$$

De la tabla N° 15, la seleccionamos el conductor de 2,5 **mm²**.

<u>Tramo 2:</u> Este tramo comprende desde el controlador hasta el motor eléctrico de la bomba, la caída de tensión recomendada es de 3%.

La tensión que se considera en este tramo es la tension del motor de la bomba que según el ANEXO 01 es de 380 V

Como la caída de tensión recomendada es de 3% entonces este tomara un valor de 11,4 V

Consideraremos una longitud de 50 m, es la longitud que recorre el cable de caída desde la salida del controlador hasta los bornes de entrada al motor eléctrico de la bomba.

$$\boldsymbol{Seccion\ del\ conductor - tramo2 = \left(\frac{\sqrt{3}x50x17}{56x11,4}\right)}$$

$$\boldsymbol{Seccion\ del\ conductor - tramo2 = 2,31\ mm2}$$

la sección normalizada de la Tabla N° 18 es el inmediatamente superior a la calculada es decir 2,5 **mm²**.

Por lo que se concluye que la sección del cable a utilizar es de 2,5 mm^2

Cable de protección

Para proteger y darle seguridad a la instalación propuesta se instalará un cable adicional que servirá para conectar las masas metálicas de la instalación con el sistema de tierra, con el objetivo de evitar que aparezcan voltajes peligrosos y/o permitir al mismo tiempo enviar a tierra las corrientes originadas por las descargas de origen atmosférico. De acuerdo a la norma del CNE (Tabla N° 19)

Tabla N° 19
Sección mínima de conductores de protección

Sección de los conductores activos de la instalación, S (mm^2)	Sección mínima de los conductores de protección, S_p (mm^2)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Fuente: (TECNOLOGIA, 2018)

cuando la sección del conductor activo es menor o igual a 16 mm^2, el cable a tierra deberá ser de la misma sección del conductor, por lo tanto:

Tabla N° 20
Selección del conductor de protección

Tramo	*Sección mínima del conductor seleccionado*	*Sección del conductor de protección*
Generador fotovoltaico - Regulador	2,5 mm^2	2,5 mm^2
Regulador-bomba	2,5 mm^2	2,5 mm^2

Fuente: elaboración propia

5.3.4.1. Tanque de almacenamiento

Las dimensiones del tanque de almacenamiento de agua se calculan con la siguiente ecuación

$$\boldsymbol{Volumen = L^2 . h} \ldots (\mathbf{21})$$

Con un volumen de 110,14 m^3, considerando que la altura del tanque es de 2 m entonces de la ecuación (21) obtenemos que la longitud del lado de la base es de 7,42 m. por lo tanto el tanque será de 7,5x7,5x2

5.3.5. Funcionamiento del sistema propuesto

Del ANEXO 04, La Sonda del pozo se comporta como un interruptor cerrado al haber agua en él, y el interruptor de flotador ubicado en el tanque de almacenamiento al detectar agua se comporta como un interruptor abierto de lo contrario se comporta como un interruptor cerrado.

El sistema de bombeo comienza a funcionar con la sonda del pozo detectando agua y el interruptor de flotador que detecta que el nivel de agua es muy bajo y si además se tiene la irradiación solar suficiente entonces la energía eléctrica proveniente de los paneles fotovoltaicos va hacia el sistema funcione, entonces se comienza a bombear agua hacia el tanque de almacenamiento, parte de ella va al riego y parte queda acumulado en el tanque (debido a que se ha considerado un 10% adicional para el llenado del tanque según la tabla 11) entonces cada día se acumula un 10 % del volumen del tanque lo que significa que en 10 días el tanque está lleno, al iniciar el día 11 entonces se comienza la descarga del agua hacia el terreno lo que hace que el nivel de agua en el depósito de almacenamiento baje y el sistema de bombeo comienza nuevamente a funcionar. Al contar con un tanque de almacenamiento y haber considerado un almacenamiento diario del 10% nos garantiza que si tenemos un día nublado y no se tiene la irradiación solar suficiente para el sistema de bombeo entonces se tomará el agua del depósito para el riego. El excedente de energía eléctrica va hacia el banco de baterías.

5.3.6. Banco de baterías

Considerando el uso de un banco de baterías entonces utilizaremos la siguiente ecuación

$$\boldsymbol{C_B} \;=\; (\boldsymbol{N_D\ x\ E_d})/\ (\boldsymbol{P_{D\,max} x V_T}\ )\ \ldots(\mathbf{22})$$

Donde:

$\boldsymbol{C_B}$ = Capacidad mínima del banco de baterías, expresada en Ah.

$\boldsymbol{N_D}$ = Número de días de autonomía =2.

$\boldsymbol{E_d}$ = Energía eléctrica total media diaria (Wh/día).

$\boldsymbol{P_{D\,max}}$ = Profundidad máxima de descarga: 0,7

$\boldsymbol{V_T}$ = Tensión de trabajo del sistema fotovoltaico (192 V).

$$C_B = \ (2\ x\ 16\ 210)/\ (0{,}70 \text{ x } 192)$$

$$C_B \;= 241{,}22 \text{ Ah}$$

$$\boldsymbol{Baterias_{serie}} \;=\; \boldsymbol{V_{sist}}\ /\ \boldsymbol{V_{bat.}} \ldots(\mathbf{23})$$

Reemplazando datos:

$$\boldsymbol{Baterias_{serie}} \;=\; \frac{\mathbf{192}}{\mathbf{12}} = \mathbf{16}$$

El número de ramas de baterías en paralelo lo calculamos de la siguiente ecuación (24):

$$\boldsymbol{Baterias_{paralelo}} \;=\; \boldsymbol{C_B(Ah)}\ /\ \boldsymbol{C_{nominal}} \ldots(\mathbf{24})$$

Entonces reemplazando tenemos que el número de ramas de baterías en paralelo:

$$\boldsymbol{Baterias_{paralelo}} = \frac{\mathbf{241{,}22}}{\mathbf{66}} = \mathbf{3{,}65} \approx \mathbf{4}$$

Entonces se utilizará una batería Victron Energy de 66 Ah, 12 V

Figura N° 23: batería Victron Energy de 66 Ah

Fuente: (AUTOSOLAR, 2019)

5.3.6.1. Controladores para cargar del excedente de energía de los paneles

Debido a que la tensión de entrada al controlador de la bomba es desde 575 V hasta – 850 V, seleccionamos un controlador de 192 V, tal como se muestra en la siguiente figura

Figura N° 24: 192V/ 60 A, el regulador de carga solar MPPT Controlador de carga solar

Fuente: (SUNWAYSOLAR, 2018)

$$\boldsymbol{Número\ de\ controladores\ MAX.} = \frac{\boldsymbol{Tension\ requerida\ (V)}}{\boldsymbol{Tension\ \ del\ \ regulador\ (V)}} \ldots (\mathbf{25})$$

$$\boldsymbol{Número\ de\ controladores\ MAX.} = \frac{\mathbf{850\ V}}{\mathbf{192\ V}} = \mathbf{4,42} \approx \mathbf{4}$$

entonces con 4 reguladores obtendremos una tensión de 192x4=768 V < 850 V y mayor de 575 V.

El arreglo será el siguiente a cada regulador se conectará 8 paneles (como cada panel es de 24 V entonces 24x8=192 V) lo que significa un total de 32 paneles fotovoltaicos.

A cada regulador se conectará 16 baterías. (Como las baterías son de 12 V entonces 16x12=192 V) lo que significa un total de 64 baterías.

5.4. Presupuesto

Considerando la propuesta del sistema de bombeo fotovoltaico entonces tenemos:

Tabla N° 21
Costo de inversión de un sistema de bombeo fotovoltaico

DESCRIPCIÓN	Costo/unitario (S/.)	Costo (S/.)
01 bomba sumergible LORENTZ PSK2-9 C-SJ17-11 +CONTROLADOR	39 077,31	39 077,31
32 paneles fotovoltaicos AMERISOLAR 330 Wp	566,00	18 112,00
04 estructuras para 08 paneles fotovoltaicos	1 072,75	4 291,00
Tanque de almacenamiento	17 000	17 000
Puesta a tierra	600	1 200
64 baterías de 12 Victron Energy de 66 Ah	954,88	61 112,32
4 controladores 192V/ 60 A el regulador de carga solar MPPT	4 789,16	19 156,54
Accesorios	4 000,00	4 000,00
Total, del Suministro		163 949,17

Fuente: elaboración propia

Tabla N° 22
Costo de inversión de la propuesta

DESCRIPCIÓN	TOTAL (S/.)
SUMINISTRO	163 949,17
TRANSPORTE	3 687,57
MONTAJE ELECTROMECÁNICO	11 062,71
COSTO DIRECTO	199 128,69
GASTOS GENERALES	9 956,43
UTILIDADES	9 956,43
SUB TOTAL SIN IGV	219 041,56
IGV	39 427,48
Costo del pozo tubular	**70 000**
Costo Total	**328 469,04**

Fuente: elaboración propia

5.4.1. Costo de producción del limón en la zona

5.4.1.1. Costo de la siembra y cosecha de limón en la zona

Los datos que se recopilaron del propietario para las 3 hectáreas de limón se tienen que:

Con respecto del costo de la semilla de limón se tiene que se necesita medio kg de semilla de limón por hectárea el cual tiene un costo de S/. 500, en el caso de las 03 hectáreas se tiene un total S/. 1 500.

El costo para la siembra es S/. 150 por hectárea por lo que para la simbra de las 03 hectáreas se tendrá un costo de S/. 450.

Entonces la inversión inicial teniendo en cuenta la compra de la semilla y la siembra es de: S/. 328 469,04 + S/. 450 + S/. 1 500= S/. 330 419,04

El costo para la cosecha es de S/. 1 200; se tienen 2 cosechas al año por lo que costo total de S/. 7 200 para las 3 hectáreas.

El costo del transporte hasta el punto (fábrica de tambo grande) de venta es de S/. 1,5 la bolsa de 50 kg:

Entonces el costo total del transporte es de: S/. 1800 anuales

Luego el costo de cosecha más el transporte al punto de venta es de: S/. 9 000 anuales.

La vida útil de las bombas LORENTZ es de 10 a 12 años entonces se considerará en el año 10 la compra de la bomba con su controlador y más los gastos de instalación. La vida útil de las Baterías y sus controladores es de 10 años entonces se considerará en el año 10 la compra de 64 baterías y 4 controladores y más los gastos de instalación. Entonces en el año 10 se considera un gasto de S/. 127 690,37.

5.4.1.2. Precio de venta del limón

A partir del tercer año se puede cosechar el limón con una producción de 30 toneladas por hectárea al año. El precio de venta del limón es de S/. 60 la bolsa de 50 kg.

Entonces los ingresos anuales por la venta de limón son de:

60xNumero de bolsas de 50 kg/ha x Número de hectáreas

60x600x3= S/. 126 000

5.4.2. Flujo de caja

Se considerará un horizonte de 20 años. (debido a que lo paneles fotovoltaicos tiene una vida útil garantizada de 20 a 25 años)

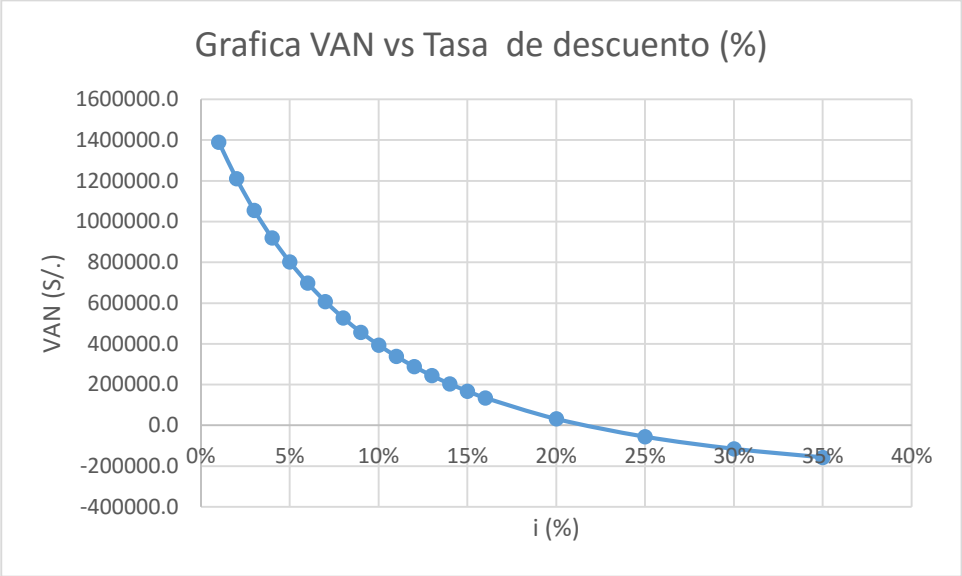
Con una tasa de 15 %,

Tabla N° 23
Valor del VAN para diferentes tasas de descuento

Tasa de descuento	VAN (S/.)
1%	1 390 379,1
2%	1 210 552,7
3%	1 054 840,0
4%	919 518,6
5%	801 496,6
6%	698 197,6
7%	607 469,3
8%	527 507,5
9%	456 796,1
10%	394 057,1
11%	338 210,5
12%	288 340,4
13%	243 668,7
14%	203 531,8
15%	167 362,7
16%	134 675,3
20%	31 203,1
22%	-8 137,98
25%	-56 178,2
30%	-115 456,8
35%	-157 543,6

Fuente: elaboración propia

Tabla N° 24
VAN vs tasa de descuento (%)



Fuente: elaboración propia

Los resultados obtenidos (Tabla Nº 25) son

VAN = S/. 167 362,72 > 0 y la TIR = 22 % > 15 %;

el tiempo de recuperación de capital es de: 7 años 11 meses. Por lo que la propuesta es viable.

Tabla N° 25

Flujos de caja proyectados para un horizonte de 20 años

N°	EGRESOS			INGRESOS: Venta de limon	Flujo de efectivo neto	Factor de descuento	Valor actual
	Inversion Inicial	Mantenimiento y reemplazo	Cosecha				
0	S/. 330 419,04				-S/. 330 419,04		-S/. 330 419,04
1		S/. 500,00			-S/. 500,00	0,869565217	-S/. 434,78
2		S/. 500,00			-S/. 500,00	0,756143667	-S/. 378,07
3		S/. 500,00	S/. 9 000,00	S/. 126 000,00	S/. 116 500,00	0,657516232	S/. 76 600,64
4		S/. 500,00	S/. 9 000,00	S/. 126 000,00	S/. 116 500,00	0,571753246	S/. 66 609,25
5		S/. 500,00	S/. 9 000,00	S/. 126 000,00	S/. 116 500,00	0,497176735	S/. 57 921,09
6		S/. 500,00	S/. 9 000,00	S/. 126 000,00	S/. 116 500,00	0,432327596	S/. 50 366,16
7		S/. 500,00	S/. 9 000,00	S/. 126 000,00	S/. 116 500,00	0,37593704	S/. 43 796,67
8		S/. 500,00	S/. 9 000,00	S/. 126 000,00	S/. 116 500,00	0,326901774	S/. 38 084,06
9		S/. 500,00	S/. 9 000,00	S/. 126 000,00	S/. 116 500,00	0,284262412	S/. 33 116,57
10		S/. 128 190,37	S/. 9 000,00	S/. 126 000,00	-S/. 50 267,68	0,247184706	-S/. 12 425,40
11		S/. 500,00	S/. 9 000,00	S/. 126 000,00	S/. 116 500,00	0,214943223	S/. 25 040,89
12		S/. 500,00	S/. 9 000,00	S/. 126 000,00	S/. 116 500,00	0,18690715	S/. 21 774,68
13		S/. 500,00	S/. 9 000,00	S/. 126 000,00	S/. 116 500,00	0,162527957	S/. 18 934,51
14		S/. 500,00	S/. 9 000,00	S/. 126 000,00	S/. 116 500,00	0,141328658	S/. 16 464,79
15		S/. 500,00	S/. 9 000,00	S/. 126 000,00	S/. 116 500,00	0,122894485	S/. 14 317,21
16		S/. 500,00	S/. 9 000,00	S/. 126 000,00	S/. 116 500,00	0,10686477	S/. 12 449,75
17		S/. 500,00	S/. 9 000,00	S/. 126 000,00	S/. 116 500,00	0,092925887	S/. 10 825,87
18		S/. 500,00	S/. 9 000,00	S/. 126 000,00	S/. 116 500,00	0,080805119	S/. 9 413,80
19		S/. 500,00	S/. 9 000,00	S/. 126 000,00	S/. 116 500,00	0,070265321	S/. 8 185,91
20		S/. 500,00	S/. 9 000,00	S/. 126 000,00	S/. 116 500,00	0,061100279	S/. 7 118,18
						VALOR ACTUAL NETO (VAN)	S/. 167 362,72
						TIR	22%

Fuente: elaboración propia

CAPITULO VI: CONCLUSIONES

6.1. Conclusiones

a) Los datos de irradiación solar fueron obtenidos de la página web de la NASA los cuales varían desde un valor de 4,47 kWh/m^2/día en el mes de junio hasta 5,98 kWh/m^2/día para el mes de noviembre.

b) Para determinar la cantidad de agua promedio diaria se han recopilado datos promedios mensuales de la temperatura, humedad relativa, precipitación de la estación meteorológica Tinajones del SENAMHI. Partir de estos datos se ha obtenido que la cantidad de agua promedio diaria que se necesita para el cultivo de limón es de 110,14 m^3/día para las 3 hectáreas.

c) El equipamiento del sistema de bombeo fotovoltaico está constituido por estará conformado por 32 paneles fotovoltaicos de la marca AMERISOLAR de 330 Wp. 01 bomba sumergible LORENTZ PSK2-9 C-SJ17-11, 64 baterías de 12 Victron Energy de 66 Ah, 4 controladores 192V/ 60 A el regulador de carga solar MPPT.

d) El presupuesto referencial del sistema de bombeo fotovoltaico es de S/. 328 469,04.

e) Se realizó el cálculo de la evaluación económica con una tasa de 15 %, de donde se obtuvo VAN = S/. 167 362,72 > 0 y la TIR = 22 % > 15 %; el tiempo de recuperación de capital es de: 7 años 11 meses. Por lo que el proyecto es viable.

CAPITULO VII: BIBLIOGRAFÍA

1) Agustin Castejon, G. S. (2010). *instalaciones solares fotovoltaicas.* España.

2) Alata, J. (2015). *Dimensionamiento de un sistema de bombeo con paneles solares - caso UNALM.* Lima.

3) Alfaro Delgado, J. L. (2016). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRAR DE AGUA AL CASERÍO PLAN MANZANAS, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO CAJAMARCA-2016.*

4) Alvarez Alvarez, E. A., & Suazo Gonzales, A. (15 de mayo de 2019). Obtenido de Diseño de un sistema de riego por goteo automatizado, alimentado con energía fotovoltaica para la finca San Antonio ubicada en la Isla de Ometepe del departamento de Rivas: http://repositorio.unan.edu.ni/10718/1/99432.pdf

5) Asmat Caceres, C. P. (2018). *DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO EN EL DISTRITO DE YAURISQUE-CUSCO.* LIMA.

6) Auccacusi, D. (2014). *Analisis tecnico y economico para la seleccion del equipo optimo de bombeo en Muskarumi-Pucyura-cusco usando fuentes renobalbes de energia.* Lima.

7) autosolar. (2015). Obtenido de ¿Que es un sistema de bombeo de agua solar?: https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-sistema-de-bombeo-de-agua-solar

8) AUTOSOLAR. (2019). Obtenido de Batería AGM 12V 66Ah Victron Energy: https://autosolar.pe/baterias-agm-12v/bateria-agm-12v-66ah-victron-energy

9) autosolarperu. (2018). Obtenido de Perú: radiación solar más alta de todo el planeta: https://autosolar.pe/blog/actualidad-de-energia-solar/peru-radiacion-solar-mas-alta-de-todo-el-planeta

10) Castillo Gastelo, J. P. (2019). Obtenido de "Análisis técnico económico para el seleccionamiento de un sistema de bombeo utilizando fuentes renovables de energía destinado a riego, consumo humano y animal, en la localidad de La Carrecilla, Distrito de Pucalá": http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/3518/BC-TES-TMP-2316.pdf?sequence=1&isAllowed=y

11) Cuzco, C., Lopez, M., Paredes, J., & Rivera, R. (2019). Obtenido de "Dimensionamiento de un sistema de bombeo de agua para el fundo "Buenos Aires": http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/36048/B_Cuzco_%20GCE-

L%c3%b3pez_%20PM-Paredes_%20TJC-Rivera%20_TRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

12) deltavolt. (2003). Obtenido de Lambayeque: https://deltavolt.pe/phocadownload/Lambayeque.jpg

13) Diaz, T. (2008). *Instalaciones solares fotovoltaicas.* Mexico.

14) economipedia. (2019). Obtenido de Valor actual neto (VAN): https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html

15) economipedia. (2019). Obtenido de Tasa interna de retorno (TIR): http://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html

16) FAO. (12 de abril de 2018). Obtenido de Buenas perspectivas para los sistemas de riego con energía solar: http://www.fao.org/news/story/es/item/1116521/icode/

17) Farfan Neyra, J. L. (2018). Obtenido de ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LA EXPLOTACIÓN PARA LA EXPLOTACION DE AGUA SUBTERRANEA, CUENCA MOTUPE- OLMOS- LA LECHE: http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/3040/BC-TES-TMP-1859.pdf?sequence=1&isAllowed=y

18) Guevara, A., & Silva, R. (2018). Obtenido de "Diseño de un sistema de bombeo fotovoltaico para el cultivo de esparrago en el fundo Bobadilla – Ferreñafe": http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/29181/Guevara_BAP-Silva_DRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

19) ingemecanica. (2019). Obtenido de Instalación Solar Fotovoltaica para Vivienda: https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html

20) Llauce Chozo, A. J. (2016). *Implementación de sistema fotovoltaico para reducir el consumo de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica en el restaurant el Cruceñito, ubicado en el Km 90, carretera a Lambayeque-Piura.*

21) LORENTRZ. (2018). Obtenido de BOMBAS SUMERGIBLES: https://lorentzpumps.co.za/product/psk2-9-c-sj8-44/

22) LORENTZ. (2017). Obtenido de PSk2-7 C-SJ30-6: https://lorentzpumps.co.za/wp-content/uploads/2017/10/PSK2-7-C-SJ30-6.pdf

23) LORENTZ. (2017). Obtenido de PSk2-9 C-SJ30-7: https://lorentzpumps.co.za/wp-content/uploads/2017/10/PSK2-9-C-SJ30-7.pdf

24) Lorentz. (2018). Obtenido de PSK2 La solución completa de bombeo de agua solar con soporte de alimentación híbrida SmartSolution: https://partnernet.lorentz.de/files/lorentz_psk2_product-brochure_es.pdf

25) LORENTZ. (2018). Obtenido de PSk2-7 to PSk2-40 Solar Pumping System: https://www.suministrosorduna.com/wp-content/uploads/2018/02/2.-lorentz_psk2-2016_manual_-EN-FR-ES.pdf

26) Mendoza, L., Pisfil, K., & Vaquez, M. (2011). Obtenido de Monografia de Chongoyape: https://es.scribd.com/doc/306012416/Monografia-del-Distrito-de-Chongoyape

27) obsbusinessschool. (2018). Obtenido de Estudio de viabilidad de un proyecto: cómo y por qué llevarlo a cabo: https://obsbusiness.school/int/blog-project-management/causas-de-fracaso-de-un-proyecto/estudio-de-viabilidad-de-un-proyecto-como-y-por-que-llevarlo-cabo

28) Paredes, A. (2001). *Guia para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energia fotovoltaica.* Mexico.

29) Peña, C., & Montiel, F. (2003). *"Celdas Fotovoltaicas para Energizar un Sistema de bombeo de agua.* Mexico.

30) Peña, C., & Montiel, F. (2003). *"Celdas Fotovoltaicas para Energizar un Sistema de bombeo de agua.* Mexico.

31) PROMELSA. (2010). Obtenido de THW-90: http://www.promelsa.com.pe/pdf/1000464.pdf

32) Quispe Conde, M. A., & Jener Dimas, A. Ñ. (2016). *"DISEÑO Y SELECCIÓN DE UN SISTEMA EÓLICO SOLAR PARA LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA QUE MEJORE EL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA CON FINES DE RIEGO EN EL CENTRO POBLADO CHINUANI -YUNGUYO 2016"*. Puno.

33) Sachez Montenegro, G. A. (Febrero de 2019). Obtenido de "Propuesta de un sistema fotovoltaico para bombeo de agua subterránea en la provincia de Celendín-Cajamarca": http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/3909

34) Sanchez Barboza, M. (2016). *Diseño de un suministro eléctrico con energía solar fotovoltaica para mejorar la productividad de equipos de bombeo agrícola del establo Gesa - Lambayeque, 2016.* Trujillo.

35) Sandia National Laboratories. (2009). Obtenido de Guia para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energia fotovoltaica : https://www.itacanet.org/esp/agua/Seccion%203%20Bombeo/Guia%20Bombeo%20de%20Agua%20con%20Energia%20Fotovoltaica%20Vol.%201%20Libro%20de%20consulta.pdf

36) sandianationallaboratories. (2001). Obtenido de Guia para el desarrollo de proyectos de bombeo de agua con energia fotovoltaica: http://www.solartronic.com/download/guia_bombeo.pdf

37) SENAMHI. (2018). Obtenido de Estaciones Automáticas: https://web2.senamhi.gob.pe/?p=estaciones--automaticas

38) Sun. Water. Life. (2015). Obtenido de Vista general del producto LORENTZ: http://sittsa.com/assets/lorentz_product-brochure_es.pdf

39) SUNWAYSOLAR. (2018). Obtenido de 192V 60AMP el regulador de carga solar MPPT Controlador de carga solar: https://es.made-in-china.com/co_sunwaypv/product_192V-60AMP-Solar-Charging-Regulator-MPPT-Solar-Charge-Controller_rgohiiiug.html

40) TECNOLOGIA. (2018). Obtenido de CALCULO SECCION DE LOS CABLES: https://www.areatecnologia.com/electricidad/secciones-de-cables.html

41) Valdiviezo, P. (2014). *Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energia electrica a 15 computadoras portatiles en la PUCP*. Lima.

42) Vargas Quispe, B. S. (2018). Obtenido de DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA SUBTERRÁNEA CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA RIEGO EN LA COMUNIDAD DE VALENCIA: https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/21024

CAPITULO VIII: ANEXOS

ANEXO N°01. FICHA TÉCNICA DE LA BOMBA LA BOMBA SUMERGIBLE PSK2-9 CC-SJ30-7

ANEXO N°02. FICHA TECNICA DE LOS PANELES SOLARES AMERISOLAR DE 330 Wp

ANEXO N°03. DATOS METEOROLÓGICOS DEL SENAMHI

ANEXO N°04. SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

ANEXO N°05. INFORME DEL ESTUDIO GEOELECTRICO DEL POZO

ANEXO N°06. FICHA TECNICA DE LA BATERIA

ANEXO N°07. FICHA TECNICA DEL CONTROLADOR FOTOVOLTAICO

PSk2-9 C-SJ17-11

Solar Submersible Pump System for 6" wells

System Overview

Head	max. 90 m
Flow rate	max. 25 m³/h

Technical Data

Controller PSk2-9

- High efficiency solar pump controller
- Hybrid power (solar / grid / generator) support with LORENTZ SmartSolution
- Inputs for water meter, pressure sensors, digital switches
- Simple configuration with LORENTZ PumpScanner Android™App
- Onboard data logging and system monitoring
- Inbuilt applications for constant pressure, constant flow and daily amount
- Integrated Sun Sensor
- Active temperature management
- Integrated MPPT (Maximum Power Point Tracking)

Power	max. 10 kW
Input voltage	max. 850 V
Optimum Vmp**	> 575 V
Motor current	max. 17 A
Efficiency	max. 98 %
Ambient temp.	-30...50 °C
Enclosure class	IP54

Motor AC DRIVE SUB 6" 7.5kW

- Highly efficient 3-phase AC motor
- Frequency: 25...54 Hz
- Premium materials, stainless steel: AISI 304
- No electronics in the motor

Motor speed	1 400...3 080 rpm
Power factor	0,87
Insulation class	F
Enclosure class	IP68
Submersion	max. 300 m

Pump End PE C-SJ17-11

- Non-return valve
- Premium materials, stainless steel: AISI 304
- Optional: dry running protection
- Centrifugal pump

Pump Unit PUk2-9 C-SJ17-11 (Motor, Pump End)

Borehole diameter	min. 6,0 in
Water temperature	max. 30 °C

Standards

CE 2006/42/EC, 2004/108/EC, 2006/95/EC

IEC/EN 61702:1995, IEC/EN 62253 Ed.1

The logos shown reflect the approvals that have been granted for this product family. Products are ordered and supplied with the approvals specific to the market requirements.

**Vmp: MPP-voltage under Standard Test Conditions (STC): 1000 W/m² solar irradiance, 25 °C cell temperature

BERNT LORENTZ GmbH & Co. KG
Siebenstuecken 24, 24558 Henstedt-Ulzburg,
Germany, Tel +49 (0)4193 8806-700, www.lorentz.de

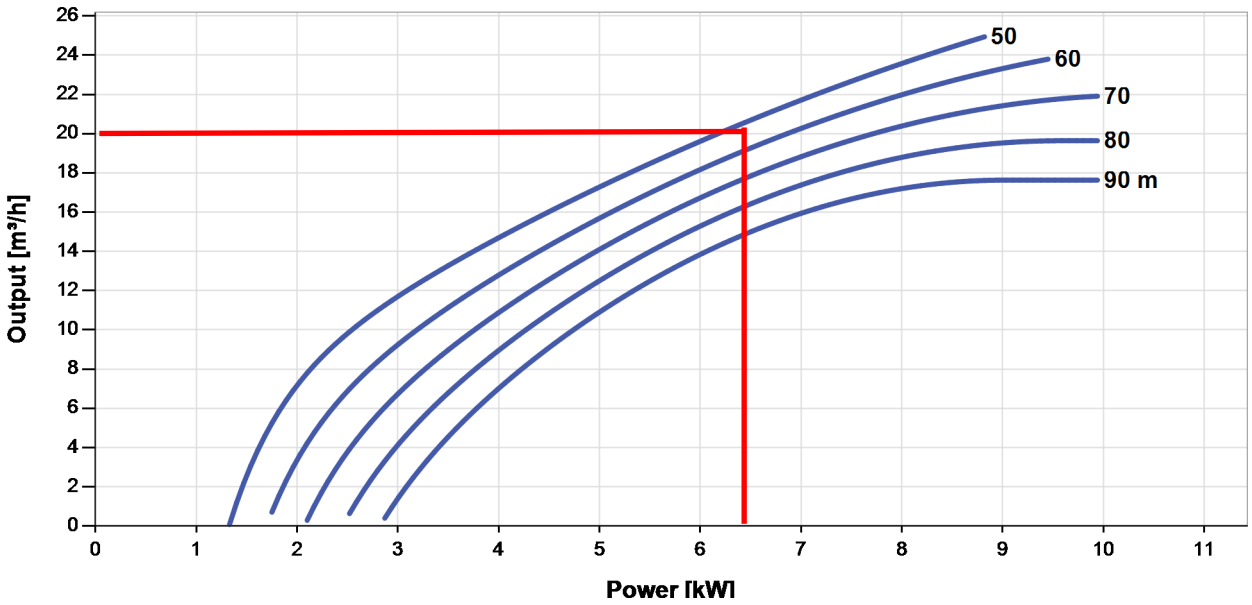
Sun. Water. Life.

PSk2-9 C-SJ17-11

Solar Submersible Pump System for 6" wells

Pump Chart

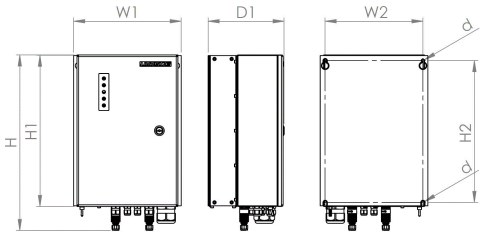
Vmp* > 575 V



Dimensions and Weights

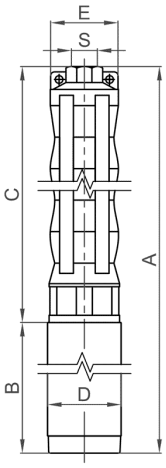
Controller

H = 500 mm
H1 = 450 mm
H2 = 421 mm
W1 = 320 mm
W2 = 290 mm
D = 9,0 mm
D1 = 226 mm



Pump Unit

A = 1 568 mm
B = 645 mm
C = 923 mm
D = 144 mm
E = 133 mm
S = 2,5 in



	Net weight
Controller	18 kg
Pump Unit	72 kg
Motor	51 kg
Pump End	21 kg

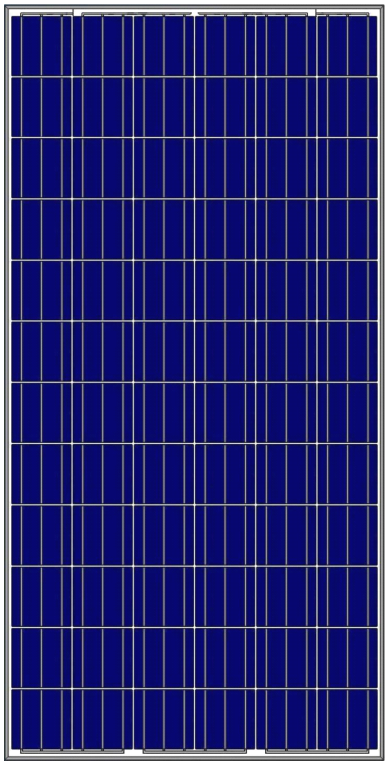
*Vmp: MPP-voltage under Standard Test Conditions (STC): 1000 W/m² solar irradiance, 25 °C cell temperature

BERNT LORENTZ GmbH & Co. KG
Siebenstuecken 24, 24558 Henstedt-Ulzburg,
Germany, Tel +49 (0)4193 8806-700, www.lorentz.de

Sun. Water. Life.

Amerisolar | New Energy New World ®

AS-6P



POLYCRYSTALLINE MODULE

ADVANCED PERFORMANCE & PROVEN ADVANTAGES

- High module conversion efficiency up to 17.01% through advanced manufacturing technology.
- Low degradation and excellent performance under high temperature and low light conditions.
- Robust aluminum frame ensures the modules to withstand wind loads up to 2400Pa and snow loads up to 5400Pa.
- Positive power tolerance of 0 ~ +3 %.
- High ammonia and salt mist resistance.
- Potential induced degradation (PID) resistance.

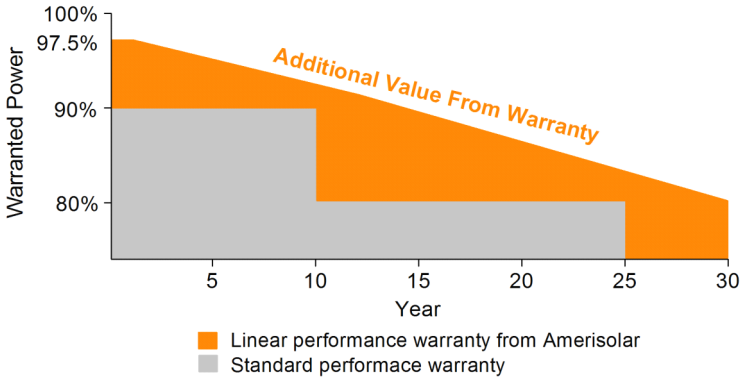
CERTIFICATIONS

- IEC61215, IEC61730, IEC62716, IEC61701, UL1703, CE, ETL(USA), JET(Japan), J-PEC(Japan), MCS(UK), CEC(Australia), FSEC(FL-USA), CSI Eligible(CA-USA), Israel Electric(Israel), Kemco(South Korea), InMetro(Brazil), TSE(Turkey)
- ISO9001:2008: Quality management system
- ISO14001:2004: Environmental management system
- OHSAS18001:2007: Occupational health and safety management system

Passionately committed to delivering innovative energy solution

SPECIAL WARRANTY

- 12 years limited product warranty.
- Limited linear power warranty: 12 years 91.2% of the nominal power output, 30 years 80.6% of the nominal power output.



ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT STC

Nominal Power (P_{max})	295W	300W	305W	310W	315W	320W	325W	330W
Open Circuit Voltage (V_{OC})	45.2V	45.3V	45.4V	45.5V	45.6V	45.7V	45.8V	45.9V
Short Circuit Current (I_{SC})	8.60A	8.68A	8.76A	8.85A	8.93A	9.00A	9.08A	9.16A
Voltage at Nominal Power (V_{mp})	36.6V	36.7V	36.8V	36.9V	37.0V	37.1V	37.2V	37.3V
Current at Nominal Power (I_{mp})	8.07A	8.18A	8.29A	8.41A	8.52A	8.63A	8.74A	8.85A
Module Efficiency (%)	15.20	15.46	15.72	15.98	16.23	16.49	16.75	17.01
Operating Temperature	-40°C to +85°C							
Maximum System Voltage	1000V DC							
Fire Resistance Rating	Type 1(UL1703)/Class C(IEC61730)							
Maximum Series Fuse Rating	15A							

STC: Irradiance 1000W/m^2, Cell temperature 25°C, AM1.5

ELECTRICAL CHARACTERISTICS AT NOCT

Nominal Power (P_{max})	217W	221W	224W	228W	232W	236W	239W	243W
Open Circuit Voltage (V_{OC})	41.6V	41.7V	41.8V	41.9V	42.0V	42.0V	42.1V	42.2V
Short Circuit Current (I_{SC})	6.97A	7.03A	7.10A	7.17A	7.23A	7.29A	7.35A	7.42A
Voltage at Nominal Power (V_{mp})	33.3V	33.4V	33.5V	33.6V	33.7V	33.8V	33.9V	34.0V
Current at Nominal Power (I_{mp})	6.52A	6.62A	6.69A	6.79A	6.89A	6.98A	7.05A	7.15A

NOCT: Irradiance 800W/m^2, Ambient temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell type	Polycrystalline 156x156mm (6x6inches)
Number of cells	72 (6x12)
Module dimensions	1956x992x50mm (77.01x39.06x1.97inches)
Weight	27kg (59.5lbs)
Front cover	4.0mm (0.16inches) low-iron tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction box	IP67, 3 diodes
Cable	4mm^2 (0.006inches^2), 1000mm (39.37inches)
Connector	MC4 or MC4 compatible

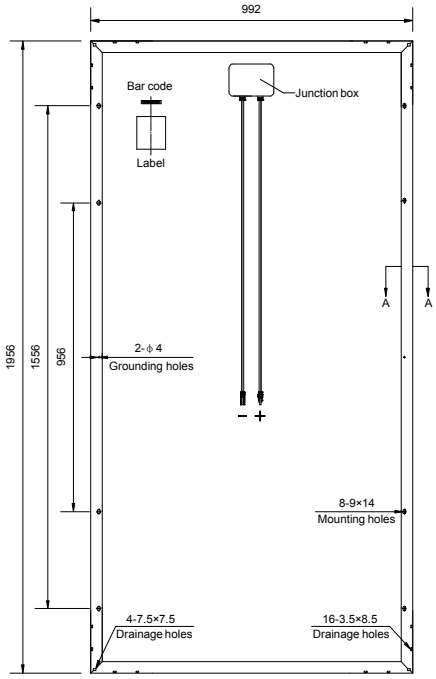
TEMPERATURE CHARACTERISTICS

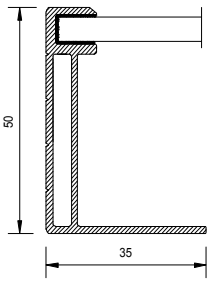
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C±2°C
Temperature Coefficients of P_{max}	-0.43%/°C
Temperature Coefficients of V_{OC}	-0.33%/°C
Temperature Coefficients of I_{SC}	0.056%/°C

PACKAGING

Standard packaging	21pcs/pallet
Module quantity per 20' container	210 pcs
Module quantity per 40' container	462 pcs

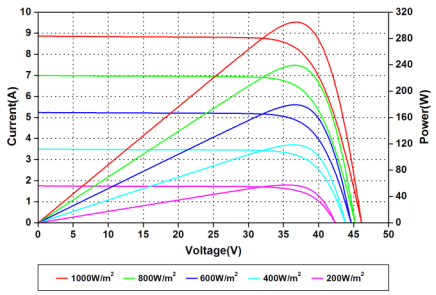
ENGINEERING DRAWINGS



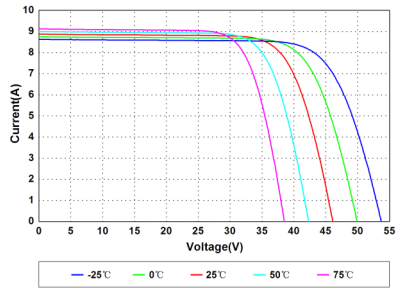


Section A-A

IV CURVES



Current-Voltage and Power-Voltage Curves at Different Irradiances



Current-Voltage Curves at Different Temperatures

Specifications in this datasheet are subject to change without prior notice.

Estación : TINAJONES

Departamento :	LAMBAYEQUE	Provincia :	CHICLAYO	Distrito :	CHONGOYAPE	Ir :	
Latitud :	6°39'17.75" S	Longitud :	79°25'40.43" W	Altitud :	182 msnm.		
Tipo :	Convencional - Meteorológica	Codigo :	106049				

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
2018	25,3	26,0	25,8	25,4	23,2	20,6	20,6	20,9	21,5	22,1	23,3	24,6

HUMEDAD RELATIVA MENSUAL (%)

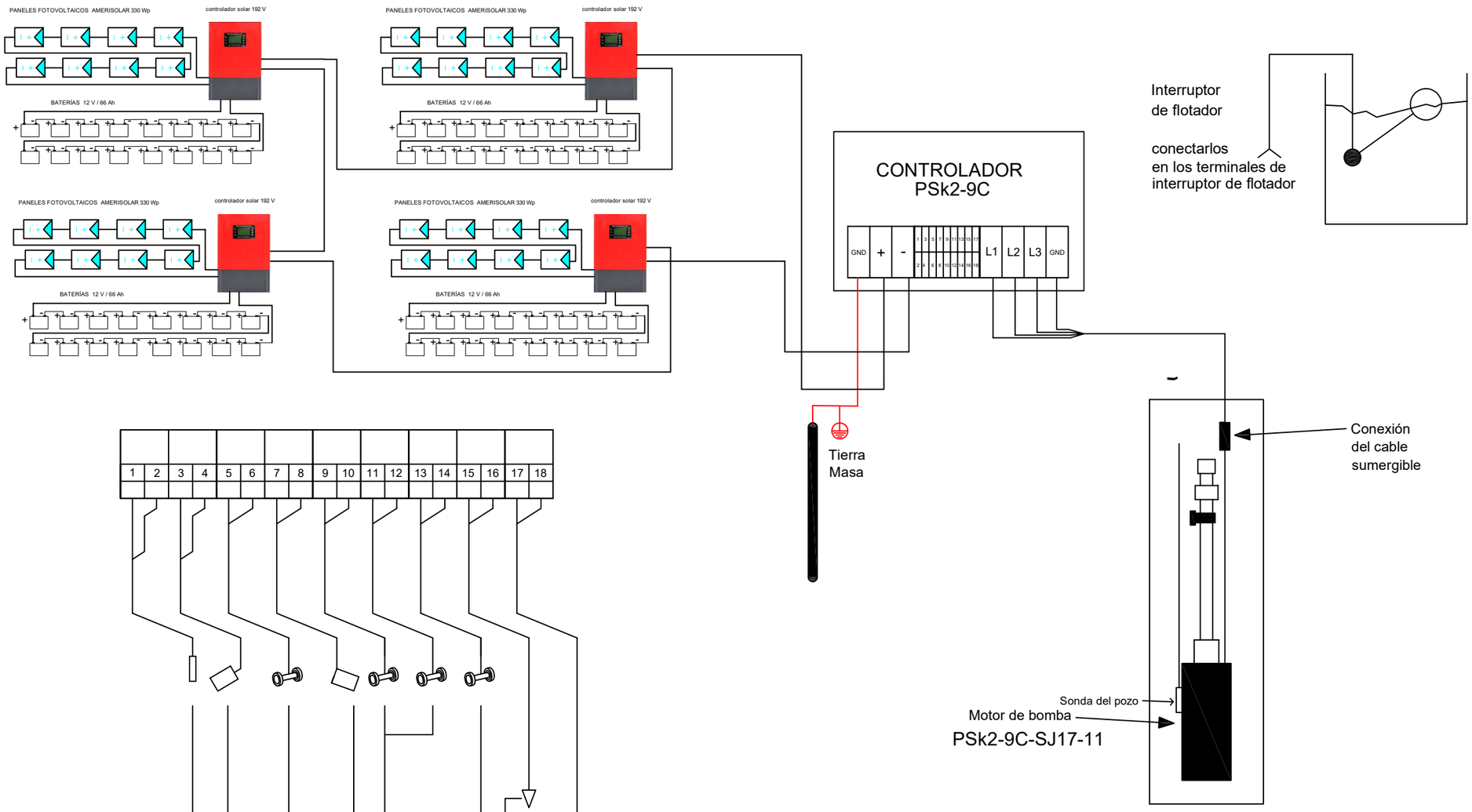
MEDIA MENSUAL

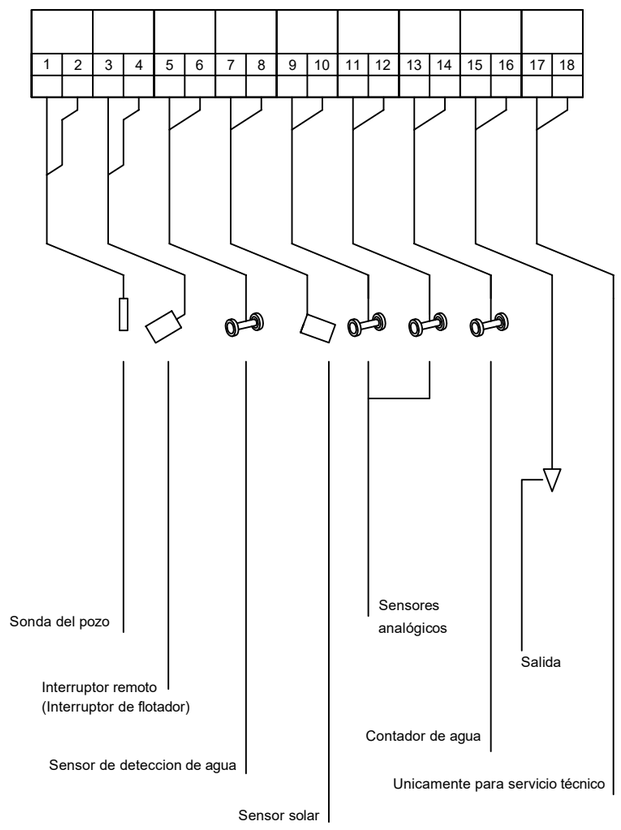
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
2018	67,8	67,7	67,8	72,9	77,8	80,8	78,3	77,7	75,9	70,8	70,8	71,2

PRECIPITACIÓN (mm)

TOTAL MENSUAL

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
2018	10,50	1,80	6,90	23,20	2,00	0,00	0,00	0,00	0,80	2,60	5,20	5,00





UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

Tesis:
"VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA UTILIZANDO ENERGÍA SOLAR EN EL FUNDO MANTO DE CRISTO PERTENECIENTE AL SECTOR CHAPARRI DISTRITO DE CHONGOYAPE PROVINCIA DE CHICLAYO - LAMBAYEQUE"

Autor:
Bach: ROLITO OCAMPO TAFUR

Dibujado:	Revisado:	Plano:		N° de Plano:
R.O.T	R.O.T	SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO		A-01
Región: LAMBAYEQUE	Provincia : CHICLAYO	Distrito: CHONGOYAPE	Sector: CHAPARRI	
Fecha : Noviembre del 2019		Escala : S/E		

ING. MIGUEL MENA MAZA
Hidrogeólogo Consultor
REG. CIP 31004
REG. CONSULTOR R.D.087-2013- ANA - DARH

AV. V.A. BELAUNDE Nº279. URB. PIURA
TELF. 074-266416. CEL. 969592683
EMAIL: mmena47@hotmail.com

PROSPECCION GEOELECTRICA CON FINES DE CAPTACION DE AGUA SUBTERRANEA EN EL FUNDO "MANTO DE CRISTO"- SECTOR CHAPARRI

(DISTRITO DE CHONGOYAPE, PROVINCIA DE CHICLAYO Y DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE)

1.0 INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

A solicitud del **Ing. Reynaldo Rodas Torres** ,el suscrito **Ing. Miguel Mena Maza,** en mi condición de Hidrogeólogo Consultor he realizado el Estudio Hidrogeológico con Fines de Captación de Agua Subterránea en el Fundo Manto de Cristo – Sector Chaparri en el Distrito de Chongoyape, Provincia de Chiclayo y departamento de Lambayeque.

1.2- OBJETIVOS

El objetivo principal del presente estudio es investigar las condiciones hidrogeológicas del subsuelo en las zonas de investigación con el propósito de evaluar la conveniencia y factibilidad de construcción de obras de captación de agua subterránea destinada a uso Agrícola

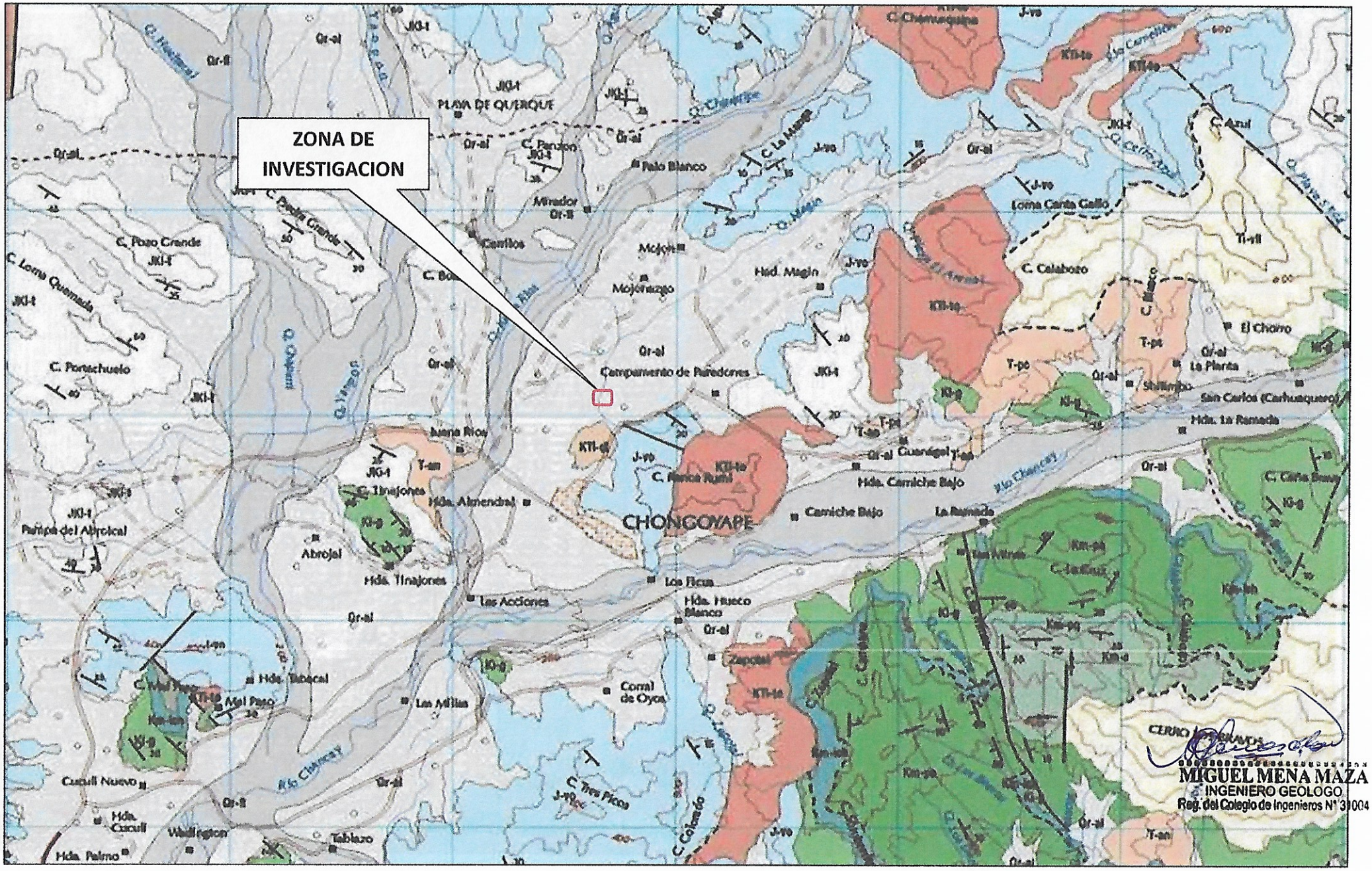
.

2.0 UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO

La zona de investigación se ubica en el Fundo "Manto de Cristo", A la zona de estudio se llega a través de la Carretera Chiclayo Chongoyape, antes de llegar a Chongoyape un desvió hacia la izquierda que lleva hasta la zona de investigación.

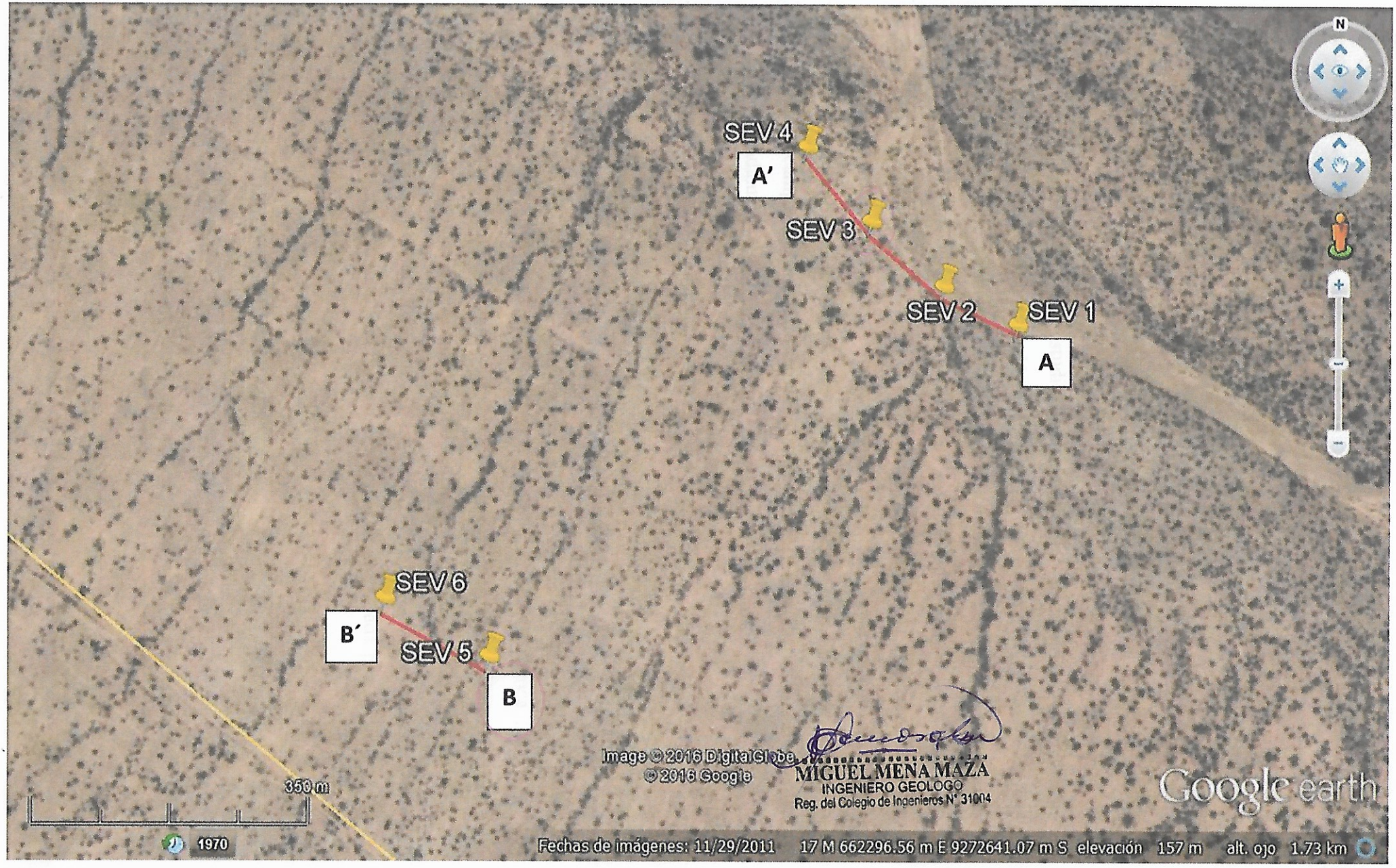
MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

MAPA GEOLOGICO DE LA ZONA DE INVESTIGACION- CHOGOYAPE – CHICLAYO



MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

MAPA DE UBICACION DE LOS SONDAJES ELECTRICO -VERTICALES Y DE LAS SECCIONES GEOELECTRICAS



AV. V.A. BELAUNDE Nª279. URB. PIURA
TELF. 074-266416. CEL. 969592683
EMAIL: mmena47@hotmail.com

3.0- TRABAJOS REALIZADOS:

La presente investigación comprendió básicamente 03 etapas bien diferenciadas. La primera etapa consistió en el reconocimiento geológico y geomorfológico del área de estudio, la segunda etapa comprende la prospección geofísica a través de sondajes eléctricos verticales de configuración Schlumberger, se realizaron 06 sondajes Eléctrico – Verticales, que conforma 02 secciones geoeléctricas A-A′ y B-B′. La ubicación y los resultados de la interpretación se muestran en los cuadros 01 y 02. Las secciones geoélectricas se presentan en las figuras 01 y 02. Las curvas de resistividades aparentes interpretadas se adjuntan en el anexo del informe. La tercera etapa del estudio consiste en la interpretación de los datos de campo (curvas de resistividades aparentes) y la preparación del informe correspondiente.

4.0- HIDROLOGIA

4.1 CARACTERISTICAS GENERALES DE LA CUENCA

La zona de estudio se emplaza en la Cuenca del rio Chancay. La zona de investigación ocupa un sector inferior de la cuenca. La zona se caracteriza por presentar un relieve con regular vegetación. Esta zona está conformada por una llanura continental constituida por depósitos aluviales de edad cuaternaria, entre los que predominan las arenas, arcillas, cantos rodados, guijarros y gravas. En toda su amplitud la zona de estudio es atravesada por un sistema de quebradas que la atraviesan en dirección Este – Oeste.

4.2 CLIMA E HIDROGRAFIA

El clima predominante es cálido y seco (22°C promedio, las precipitaciones Pluviales son escasas, presentándose generalmente en forma de garua, con una media anual de 18 mm.

MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

ING. MIGUEL MENA MAZA
Hidrogeólogo Consultor
REG. CIP 31004
REG. CONSULTOR R.D.087-2013- ANA - DARH

AV. V.A. BELAUNDE Nº279. URB. PIURA
TELF. 074-266416. CEL. 969592683
EMAIL: mmena47@hotmail.com

PROSPECCION GEOELECTRICA CON FINES DE CAPTACION DE AGUA SUBTERRANEA EN EL FUNDO "MANTO DE CRISTO"- SECTOR CHAPARRI

(DISTRITO DE CHONGOYAPE, PROVINCIA DE CHICLAYO Y DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE)

CUADRO Nº 1

COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LOS SONDAJES ELÉCTRICO-VERTICALES (SEVs)

GPS – GARMIN

UTM: PROYECCIÓN TRANSVERSAL MERCATOR – W.G.S 84

S.E.V. N°	NORTE	ESTE	ALTITUD (m.s.n.m.)
1	9,272,755	662,711	156,00
2	9,272,804	662,614	154,00
3	9,272,886	662,519	155.00
4	9,272,982	662,435	154.00
5	9,272,349	662,021	167.00
6	9,272,419	661,886	166.00

MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

AV. V.A. BELAUNDE Nº279. URB. PIURA
TELF. 074-266416. CEL. 969592683
EMAIL: mmena47@hotmail.com

Su espacio es recorrido por los ríos Zaña, Chancay, Cascajal, Motupe, La Leche y Olmos, que corresponden a la cuenca del pacifico.

En tanto que al las del Atlántico pertenecen a las micro cuencas del rio Yantun Yaco y las Quebradas Tocras y Sauce, el escurrimiento promedio anual de tales ríos es de 43.3m³/seg. Y la masa promedio anual es de 1697 millones de metros cúbicos.

El principal río es:

- **Río La leche:** Nace en las cumbres de Cañarís, y Cachen a más de 3000 msnm tiene un volumen de agua muy irregular y por lo general no llega al mar, salvo en épocas de abundantes lluvias. En épocas o mejor dicho periodos lluviosos y de abundancia de aguas este río inunda los poblados ribereños y las sementeras causando daños inmensos. En la parte baja se unen con el Motupe.

PRECIPITACION PLUVIAL:

Las precipitaciones Pluviales en el Departamento de Lambayeque son bajas en años normales y secos, fluctúan en 38.9 y 33.7 mm anuales, aunque la presencia del Fenómeno del Niño provoca la variación de ellas, la humedad máxima puede llegar hasta 88% en los meses de lluvia y 69 en los meses de ausencia de ellas, el aire sopla de Sur – Oeste a Nor – Este

TEMPERATURA:

La temperatura en Verano fluctúa entre 20° C como minino y 30° C como máximo, cuando el clima se Tropicaliza cada cierto año la Temperatura fluctúa entre 30° y 35° en invierno la temperatura mínima de es de 15° y máxima de 24°. Por lo general a medida que se aleja de la orilla del mar avanzando hacia el este hasta los 500 m.s.n.m. la T° se va elevando, sintiéndose principalmente a medio día un calor sofocante, como se puede apreciar en Pucalá, Zaña, Chongoyape, Oyotún, Nva. Arica; este fenómeno se explica porque la tierra y los cerros áridos que rodean

MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

a estas zonas refractan el calor y porque los vientos que soplan del mar a la tierra llegan débiles.

HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa de la zona tiene un valor medio anual de 70%, variando de 74% en Julio a 65% en Febrero.

EVAPORACION

La zona de estudio presenta un total medio anual de 254.4 mm al aire libre y 1718.6 mm a la sombra.

VELOCIDAD DE VIENTO:

Los vientos predominan 180° de Sur a norte, con velocidades promedio de 11 a 14 km/ h que varían de 4.66 m/s en febrero hasta 6.48 m/s en octubre, con máximas de 8.8 m/s en noviembre, los cuales se pueden tipificar como vientos moderados (23.33km/ hora) a fuertes, que en las áreas desérticas del valle, son los causantes de formación y movimientos de dunas.

4.3- DISPONIBILIDAD DE AGUA

El uso de agua en la cuenca está representada por los sectores: agrícola, poblacional, de los cuales , el uso agrícola es el que demanda mayor cantidad de agua, siguiendo el uso poblacional, el industrial , el sector minero e hidroenergetico , el uso total del agua en la cuenca llega a 727´ 186,000m3

MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

4.4- RECARGA DEL ACUIFERO

El rio Chancay y sus tributarios constituyen el alimentador principal del acuífero. Las lluvias, por su irregularidad no constituyen un factor de recarga significativo.

Los porcentajes de pérdida de agua superficial en el lecho superficial se estiman entre 20% y 25%.

5.0- PROSPECCION GEOFISICA

5.1- OBJETO DEL ESTUDIO.

La prospección geofísica mediante sondajes eléctricos verticales (SEVs) tiene los siguientes objetivos:

a) Determinar la diferenciación de las diferentes capas del subsuelo, en función de sus valores de resistividad eléctrica.
b) Determinación del nivel freático en primera aproximación.
c) Evaluación cualitativa de la calidad del agua subterránea.
d) Entre los puntos explorados, si el caso lo amerita definir el o los punto con mejores condiciones hidrogeológicas para la perforación de pozos tubulares, estableciéndose sus condiciones o características constructivas generales con miras a conseguir obras de captación estabilizadas, con mínima perdida de carga en el ingreso del agua a los pozos y sin arrastre de arena.

MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

5.2- METODO GEOFISICO EMPLEADO.

El método geofísico empleado por el presente estudio es el método de Prospección Geoeléctrica, mediante sondajes eléctricos verticales, de configuración Schlumberger.

La profundidad de exploración ha sido hasta los 100.00 m.

El método geoelectrico lo explica con detalle en el anexo del informe.

Se han utilizado 06 sondajes cuyas coordenadas UTM se muestran en el cuadro N°1 y su interpretación es materia del presente informe. El procesamiento de los datos de campo se realiza mediante el método de analogía y comparación con curvas teóricas establecidas.

A partir de los valores de resistividad reales y de los espesores de cada horizonte geolectrico se ha hecho una estimación sobre la columna estratigráfica y las posibilidades hidrogeológicas de las diferentes capas del subsuelo

5.3- INSTRUMENTAL Y EQUIPOS UTILIZADOS:

En la ejecución de los Sondajes Eléctrico – Verticales y para el procesamiento e interpretación de los mismos se han utilizado los siguientes instrumentos y equipos:

1) Equipo incorporado de milivoltimetro y miliamperímetro digitales.
2) Fuentes de energía conformada por bloque de baterías secas, hasta 500V.
3) Cables y electrodos.
4) GPS, Garmin de 12 canales.
5) Cartografía del INGEMMET.
6) Computadora Pentium IV
7) Vehículo de apoyo

MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

ING. MIGUEL MENA MAZA
Hidrogeólogo Consultor
REG. CIP 31004
REG. CONSULTOR R.D.087-2013- ANA - DARH

AV. V.A. BELAUNDE Nº279. URB. PIURA
TELF. 074-266416. CEL. 969592683
EMAIL: mmena47@hotmail.com

PROSPECCION GEOELECTRICA CON FINES DE CAPTACION DE AGUA SUBTERRANEA EN EL FUNDO "MANTO DE CRISTO"- SECTOR CHAPARRI

(DISTRITO DE CHONGOYAPE, PROVINCIA DE CHICLAYO Y DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE)

CUADRO N° 2

RESULTADOS DE LA INTERPRETACIÓN DE LOS SONDAJES ELÉCTRICOS VERTICALES (SEVs)

SEV N°	PARÁMETRO	CAPAS GEOELÉCTRICAS			
		1	2	3	4
1	P	14.39	39.20	13.50	4.60
	H	45.00	15.00	15.00	25.00
	D	45.00	60.00	75.00	100.00
2	P	14.77	37.50	12.90	4.80
	H	45.00	20.00	15.00	20.00
	D	45.00	65.00	80.00	100.00
3	P	14.90	39.60	14.00	5.20
	H	45.00	30.00	05.00	20.00
	D	45.00	75.00	80.00	100.00
4	P	14.53	41.50	12.50	5.50
	H	45.00	25.00	10.00	20.0
	D	45.00	70.00	80.00	100.00
5	P	15.64	40.40	13.30	5.80
	H	53.00	32.00	05.00	10.00
	D	53.00	85.00	90.00	100.00
6	P	15.82	38.80	12.40	4.90
	H	50.00	20.00	10.00	20.00
	D	50.00	70.00	80.00	100.00

P = Resistividad en ohm-m.
H = Espesor de la capa, en m.
D = Profundidad de la Capa, en m.

MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

AV. V.A. BELAUNDE Nº279. URB. PIURA
TELF. 074-266416. CEL. 969592683
EMAIL: mmena47@hotmail.com

6.0. ANÁLISIS Y RESULTADOS:

6.1 VALORACIÓN CUANTITATIVA:

En base al procesamiento y la interpretación de las curvas de resistividades aparentes se han establecido los siguientes parámetros para cada uno de los sondajes:

a) Número de capas geoeléctricas,
b) Resistividad real por capa geeléctrica, en ohm-m,
c) Espesor de cada capa, en m.

En el cuadro Nº 2 se muestran los resultados de la interpretación de las curvas de resistividades aparentes obtenidos en los 06 puntos investigados. Se han determinado las resistividades reales y el espesor aproximado de cada una de las capas del subsuelo y en base a estos dos parámetros se ha definido la naturaleza de los diferentes materiales geológicas y cualitativamente su permeabilidad, su resistencia transversal y la salinidad del agua subterránea.

Se observa que los resultados difieren muy ligeramente en los 06 puntos investigados. En las figuras 01 y 02 se presentan las secciones geoeléctricas A-A' y B-B' que muestran las estructuras de los acuíferos en los diferentes puntos de investigación. En las secciones geoeléctricas se observa claramente la correlación estratigráfica.

6.2 VALORACIÓN CUALITATIVA

Mediante el análisis de los resultados mostrados en el cuadro N° 02 y de las secciones geoeléctricas, podemos establecer la existencia de estructuras cuya descripción litológica e hidrogeológica se detalla a continuación

MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

CAPA N°	DESCRIPCIÒN Y ATRIBUCIÒN LITOLÒGICA	P Ohm-m	H m	D M
		PROMEDIO		
1	Capa geoeléctrica superior constituida por arena fina a media, gris amarillenta, polimixtica, micácea con intercalaciones delgadas de arcilla e inclusiones de grava, guijarros y cantos rodados, capa seca. Sus resistividades varían de 14.39 hasta 15.82 ohm-m y sus espesores acumulados son en de 45,00 m hasta 53.00.	15.01	47.17	53.00
2	Segunda capa geoeléctrica, conformada por arena de grano distinto, con inclusiones de gravas y guijarros e intercalaciones delgadas de arcilla. Capa de alta permeabilidad saturada con agua de mediano a bajo grado de mineralización. Acuífero libre. Sus resistividades varían desde 37.50 hasta 41.50 ohm-m y sus espesores acumulados varían desde 15,00m., hasta 32,00m.	39.50	23.367	85.00
3	Tercera Capa geoeléctrica constituida por arena arcillosa ligera, con inclusiones de grava, guijarros y cantos rodados. Capa de baja permeabilidad. Sus resistividades varían desde 12.40 hasta 14.00 ohm y su espesor hasta la profundidad de investigación son de 05.00m hasta 15.00m	13.10	10.00	90.00
4	Capa geoeléctrica de fondo conformada por arcilla pura impermeable constituye el basamento Hidrogeológico. Sus resistividades varían desde 4.60 hasta 5.80ohm y su espesor hasta la profundidad de investigación son de 10.00m hasta 25.00m	5.13	19.17	100.00

6.3-CLAVES DE LECTURA:

En lo que refiere a los valores de las resistividades y los espesores que se muestran en la interpretación cualitativa, se presenta el rango de los valores mínimos y máximos presentados en cada capa, independientemente de los sondajes a los que

correspondan. Para analizar cada sondaje, específicamente y en detalle, se debe recurrir al cuadro de resultados numéricos correspondiente y a la sección geoeléctrica. El cuadro de resultados resume todos los valores obtenidos de la interpretación numérica o cuantitativa de todos los Sondajes Eléctrico - Verticales ejecutados. Las curvas de resistividades aparentes se anexan en la parte final del presente informe

7.0 – ASPECTOS HIDROGEOLOGICOS.

7.1 RESERVORIO ACUIFERO

En base a toda la información geológica, geomorfológica e hidrogeológica disponible, tanto a nivel regional como la determinada por el reconocimiento del área de estudio y la prospección geolectrica se determina que los horizontes acuíferos aprovechables están constituidos por depósitos sedimentarios Terciarios y Cuaternarios conformados por arenas de grano distinto con inclusiones de grava y guijarros, con intercalaciones delgadas de arcilla.

7.2- LA NAPA

La napa freática en la zona de estudio está constituida por acuíferos de tipo libre, con recarga permanente de las filtraciones del rio Salas. El acuífero superior recibe además recarga de los sistemas de riego de las partes altas del valle.

7.3 – LOCALIZACION DEL PUNTO DE PERFORACION

En base a los resultados obtenidos y el análisis de las secciones geoeléctricas elaboradas a partir de los sondajes eléctricos verticales, es factible la perforación de 02 pozos tubulares en la zona investigada, en los puntos correspondientes a los **SEV Nº3** y **SEV Nº5**. El caudal para los pozos tubulares se estima en **15-20 lt/seg.**, a condición que las obras sean construidas en condiciones de óptima calidad.

7.4- DATOS TECNICOS DEL POZO PROYECTADO:

La profundidad investigada ha sido hasta los 100.00m y la primera fase de las obras de captación debe corresponder a la perforación de los pozos exploratorios hasta la de profundidad de 80.00m., en el **SEV N°3** y de 90.00m., en el **SEV N°5**.

- En el pozo será necesario impermeabilizar los primeros metros para evitar la contaminación de las aguas aprovechables que se ubican a mayor profundidad.
- En base a la DIAGRAFIA que debe realizarse a lo largo de toda la profundidad del pozo exploratorio se reajustara el diseño definitivo de los pozos y se establecerán los diámetros definitivos
- En el espacio anular comprendido entre la tubería definitiva y las paredes del pozo, deberá colocarse el prefiltro o empaque de grava con el fin de impedir el ingreso de finos al pozo. La grava deberá ser cuidadosamente seleccionada, de tipo silicoso y sus diámetros se definirán atreves del análisis granulométrico de las muestras obtenidas del material acuífero.

CONCLUSIONES:

La zona de investigación se ubica en el "Fundo Manto de Cristo", jurisdicción del Distrito de Chongoyape Provincia de Chiclayo y Departamento de Lambayeque, y está emplazada en la margen derecha del Valle del rio Chancay. Está constituido por depósitos continentales del Cuaternario. La zona está conformada por una secuencia de depósitos sedimentarios permeables e impermeables que sobreyacen al basamento rocoso.

El análisis de los resultados del estudio permite formular las siguientes conclusiones:

1.- El área de estudio presenta básicamente una estructura geológica constituida por 04 capas que presentan continuidad horizontal. Entre estas capas destaca la

AV. V.A. BELAUNDE Nº279. URB. PIURA
TELF. 074-266416. CEL. 969592683
EMAIL: mmena47@hotmail.com

denominada capa N° 2, cuyos indicadores de resistividad y espesor son compatibles con la presencia de un acuífero libre, conformado por materiales de mediana a alta permeabilidad, con intercalaciones delgadas de arcilla. La capa presenta una resistividad promedio de 39.50 ohm- m. y un espesor promedio de 23.67 m., y está saturada con agua de mediano a bajo grado de mineralización. Esta capa está constituida por arena de grano distinto con inclusiones de gravas, guijarros.

2.- Del análisis de la sección geoeléctrica resultante del estudio se desprende que en la zona de estudio existen buenas perspectivas para la captación de agua subterránea con la condición de aislar los primeros metros debido a la presencia de lentes de material salino en dicho intervalo.

3.- El nivel freático en la zona se estima ubicado aproximadamente a **45.00** m de profundidad en los **SEVs N° 1, 2, 3 y 4.**, y en los **SEVs N° 5, y 6** aproximadamente a **52.00** m de profundidad.

4- Se estima obtener caudales aproximados de **15 - 20lt/seg** a condición que la obra de captación se construya con niveles de alta calidad.

RECOMENDACIONES:

1.- Se recomienda la perforación de 02 pozos tubulares en los puntos correspondientes a los **SEVs N° 03 y N° 05**

2.- La perforación debe realizarse utilizando el método rotatorio, empleando lodo bentonítico.

3.- La primera fase del proceso de perforación debe consistir en la perforación exploratoria de pequeño diámetro (6 a 8 pulg.),

4- La profundidad del pozo exploratorio será de **80.00m** en el **SEV N°3** y de **90.00m** en el **SEV N°5.**

MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

AV. V.A. BELAUNDE Nº279. URB. PIURA
TELF. 074-266416. CEL. 969592683
EMAIL: mmena47@hotmail.com

5- El diseño definitivo de los pozos tubulares se elaborara en base a los muestreos análisis de muestras y resultados de las DIAGRAFIAS que deben realizarse a lo largo de toda la profundidad de la perforación exploratoria.

6- Es necesario la cementación de los primeros metros a fin de evitar la contaminación del agua del acuífero de buena calidad.

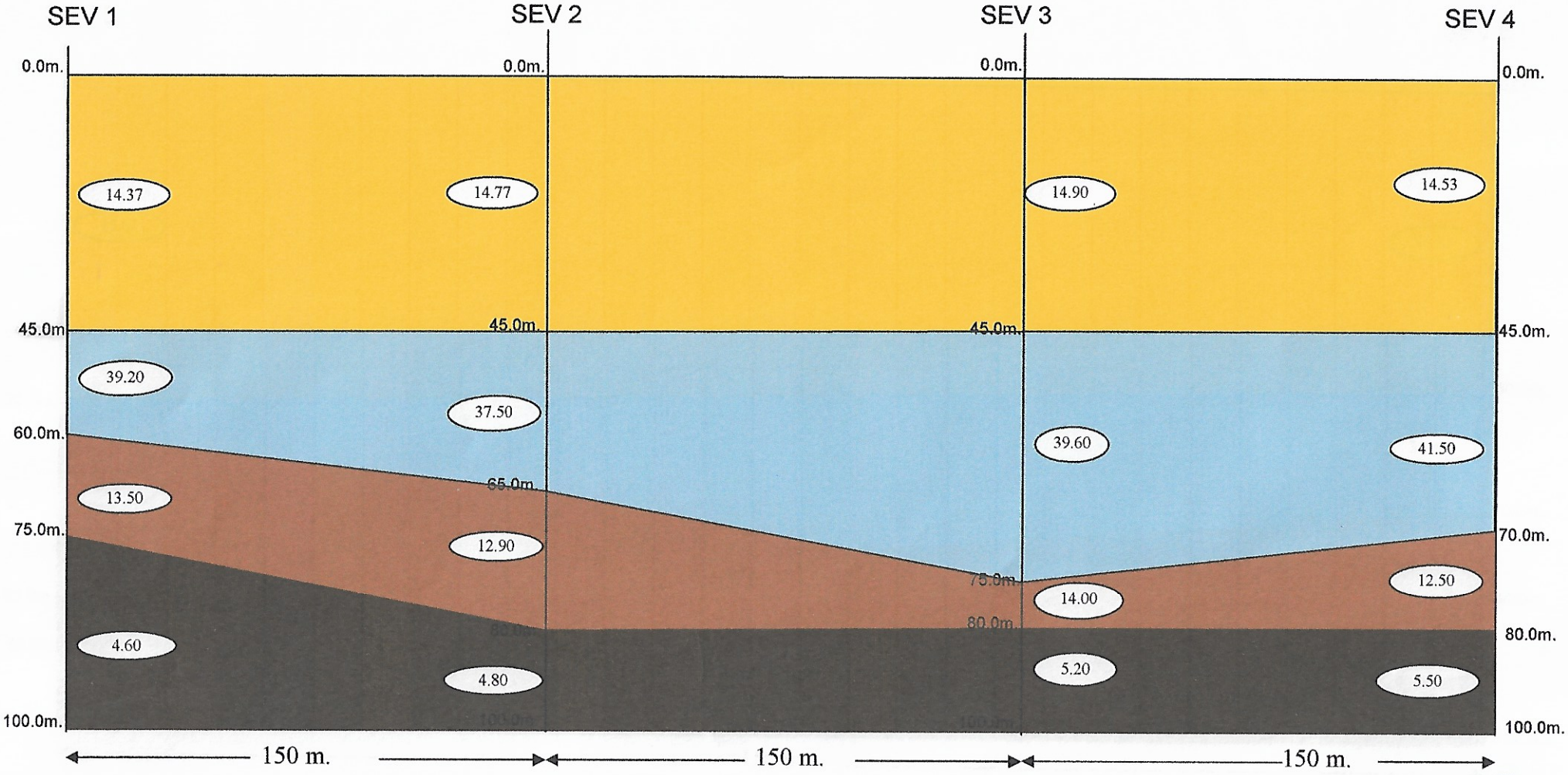
7.- Se recomienda la utilización de tubería filtrante de tipo trapezoidal.

Piura, Setiembre del 2016

MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

PROSPECCION GEOELECTRICA CON FINES DE CAPTACION DE AGUA SUBTERRANEA EN EL FUNDO "MANTO DE CRISTO"- CHONGOYAPE - CHICLAYO

SECCIÓN GEOELECTRICA A-A´



LEYENDA: SEV = Sondaje Eléctrico Vertical
(125) = Resistividad Real, ohm-m

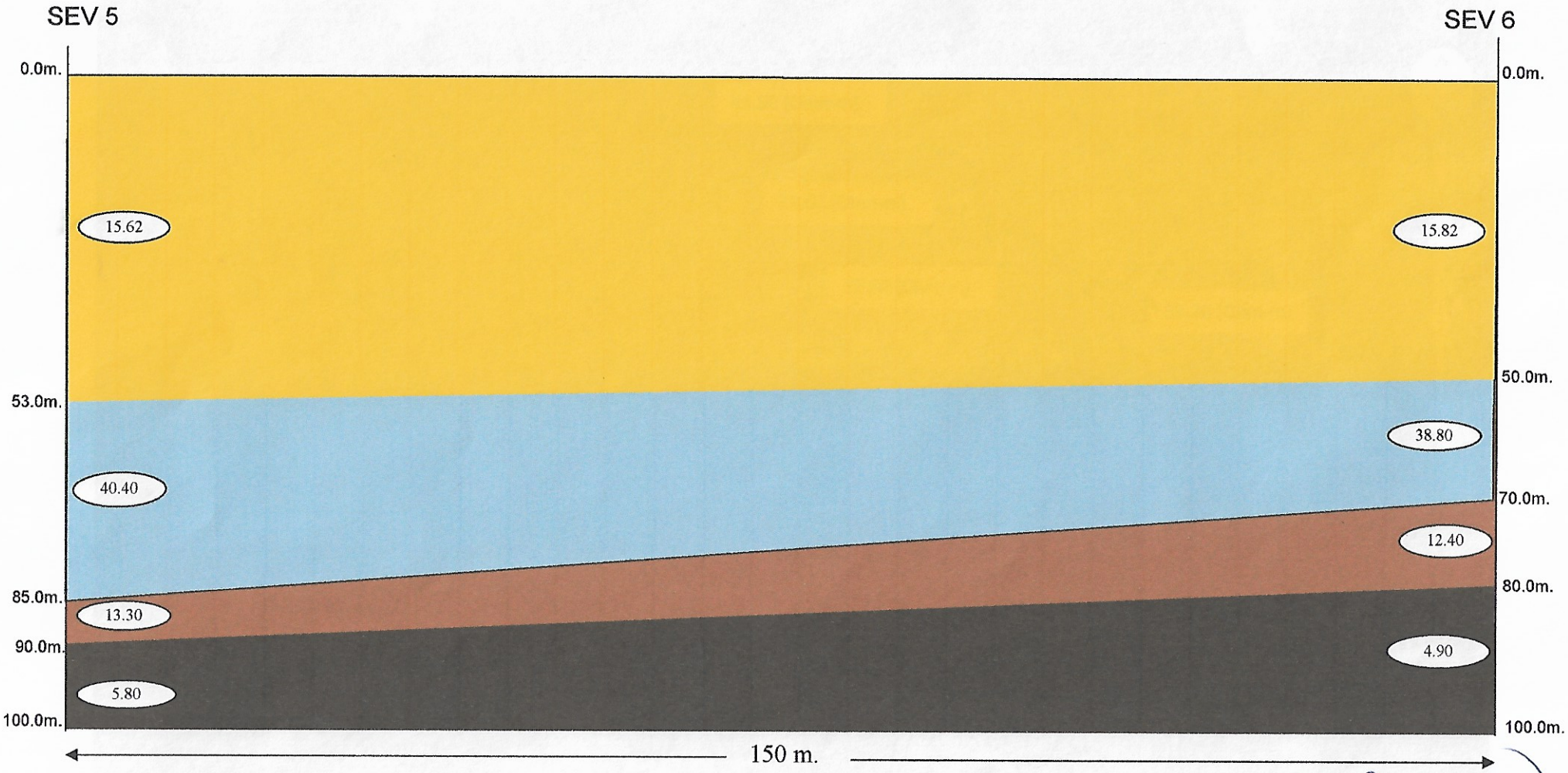
FIG. 1

ESCALA: INDICADAS

MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

PROSPECCION GEOELECTRICA CON FINES DE CAPTACION DE AGUA SUBTERRANEA EN EL FUNDO "MANTO DE CRISTO"- CHONGOYAPE - CHICLAYO

SECCIÓN GEOELECTRICA B-B´



LEYENDA: SEV = Sondaje Eléctrico Vertical
(125) = Resistividad Real, ohm-m

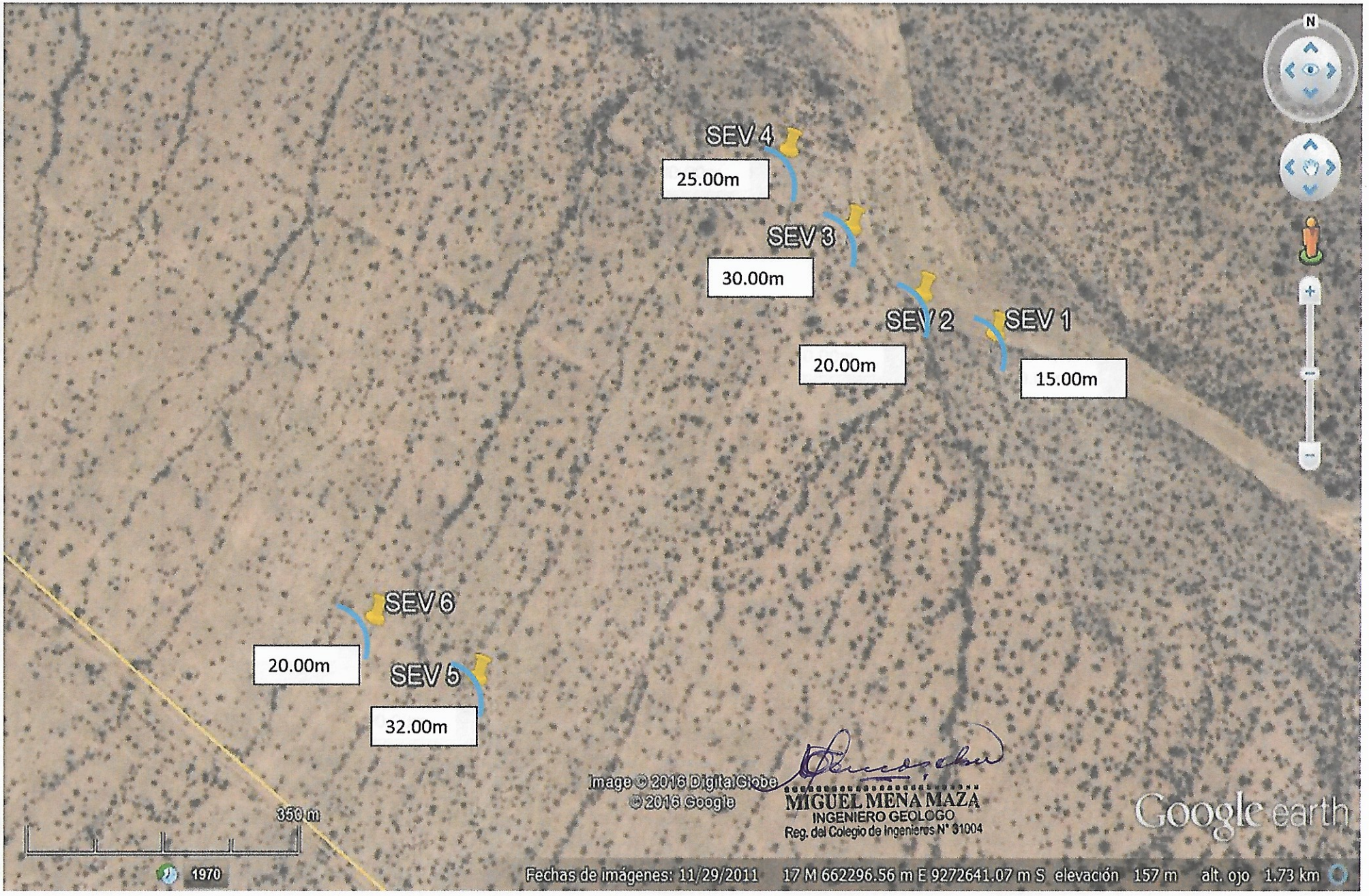
FIG. 2

ESCALA: INDICADAS

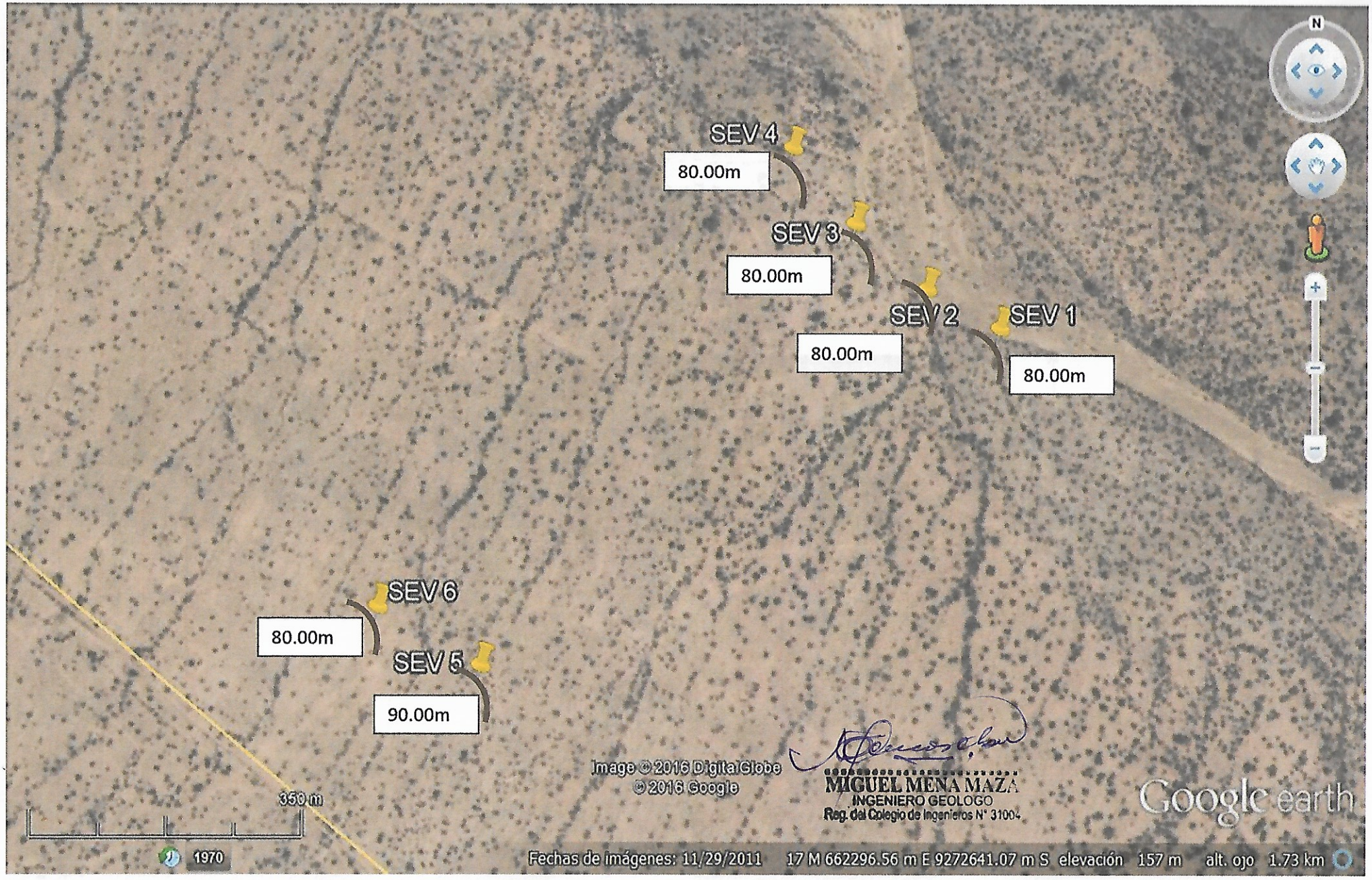
MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

MAPA DE RESISTIVIDADES ELÉCTRICAS DEL HORIZONTE SATURADO

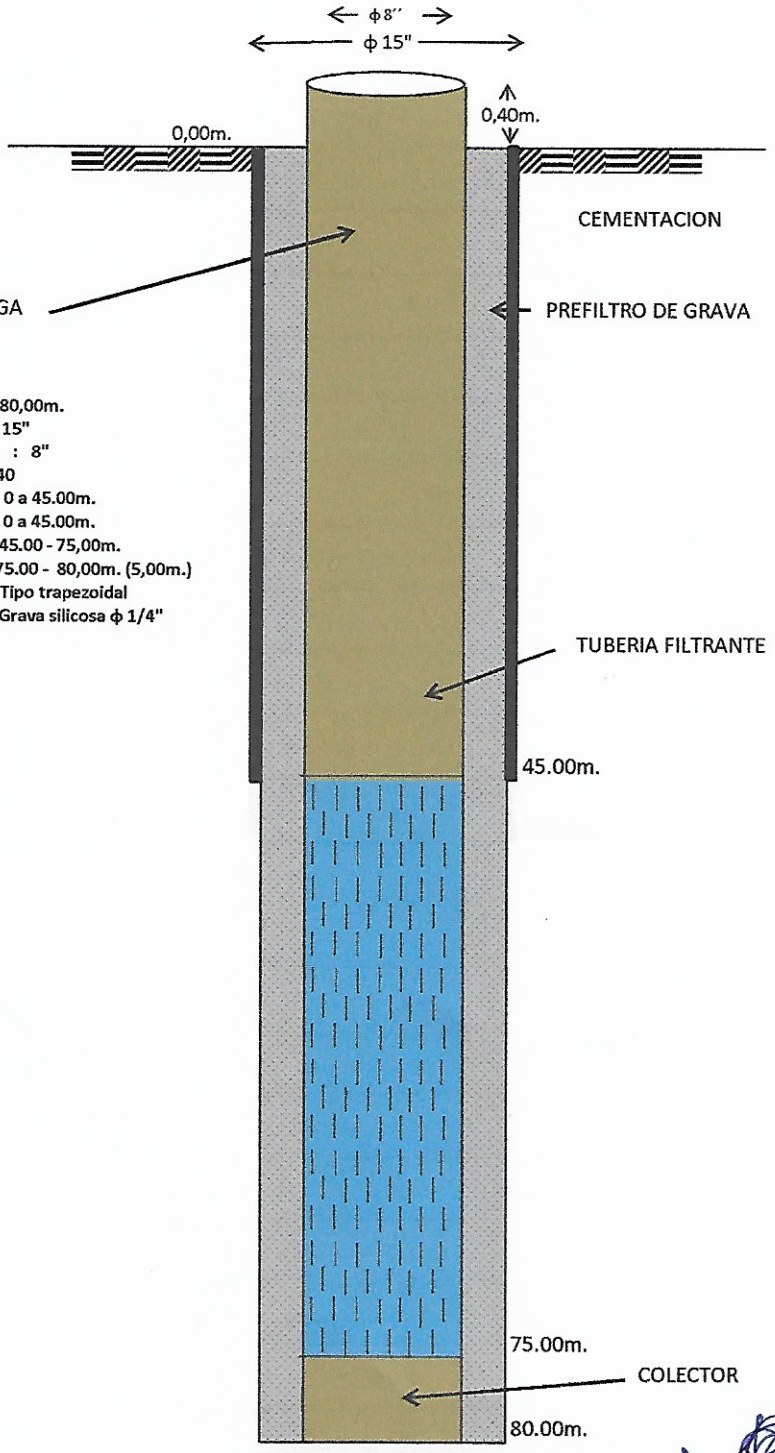
MAPA DE ESPESOR DEL HORIZONTE PERMEABLE SATURADO



MAPA DE UBICACION DEL TECHO DEL BASAMENTO ROCOSO IMPERMEABLE



DISEÑO PRELIMINAR DEL POZO TUBULAR
"MANTO DE CRISTO"
SEVs N°3

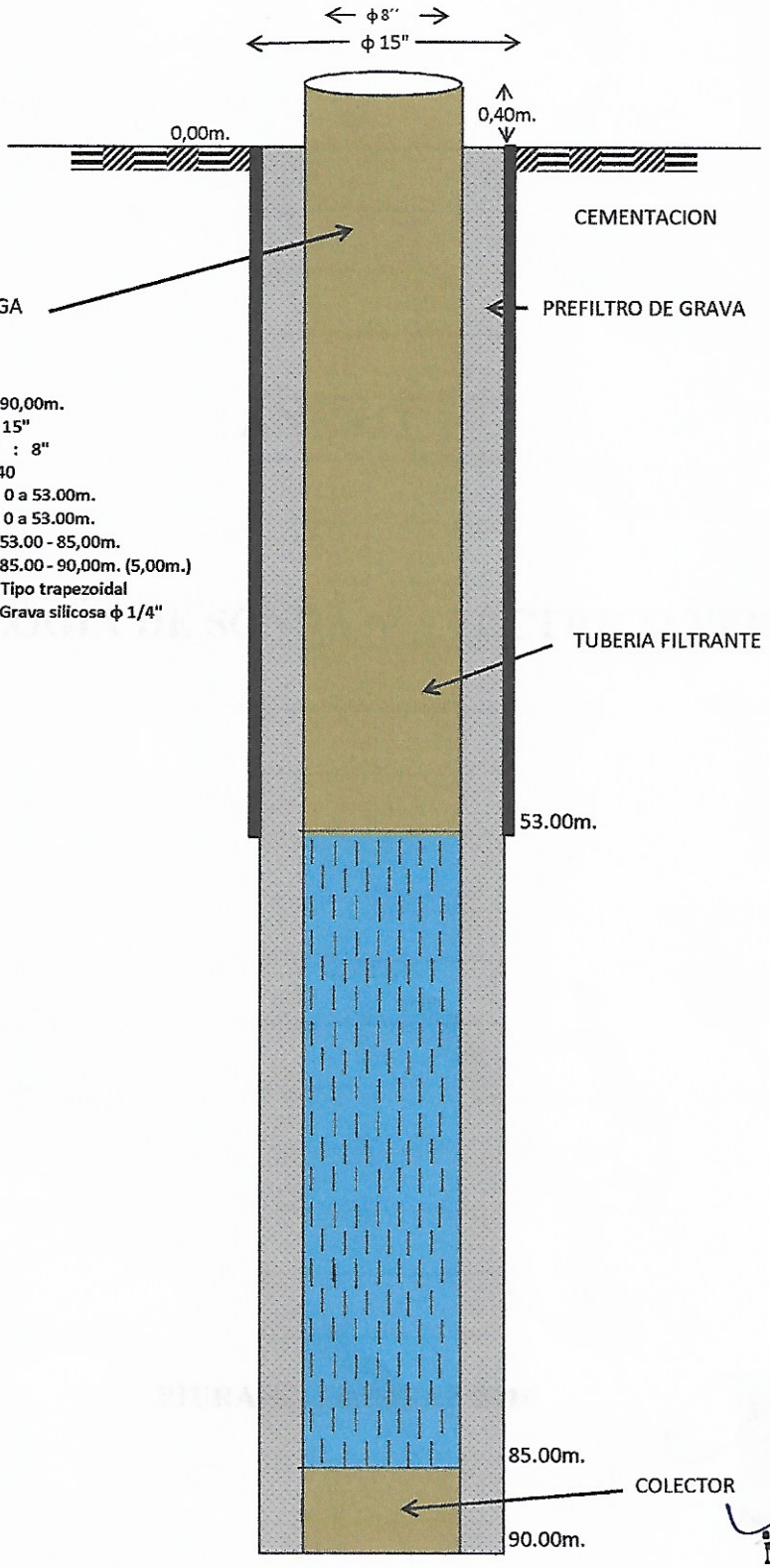


DATOS TECNICOS:

- Profundidad de pozo : 80,00m.
- Diametro definitivo : 15"
- Diametro de tuberia definitiva : 8"
- Longitud tramo exterior : 0.40
- Tuberia ciega : 0 a 45.00m.
- Intervalo cementado : 0 a 45.00m.
- Intervalo de filtro : 45.00 - 75,00m.
- Colector : 75.00 - 80,00m. (5,00m.)
- Filtro : Tipo trapezoidal
- Empaque : Grava silicosa ϕ 1/4"

MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

DISEÑO PRELIMINAR DEL POZO TUBULAR
"MANTO DE CRISTO"
SEVs N°5



DATOS TECNICOS:

- Profundidad de pozo : 90,00m.
- Diametro definitivo : 15"
- Diametro de tuberia definitiva : 8"
- Longitud tramo exterior : 0.40
- Tuberia ciega : 0 a 53.00m.
- Intervalo cementado : 0 a 53.00m.
- Intervalo de filtro : 53.00 - 85,00m.
- Colector : 85.00 - 90,00m. (5,00m.)
- Filtro : Tipo trapezoidal
- Empaque : Grava silicosa ϕ 1/4"

MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

ING. MIGUEL MENA MAZA
Hidrogeólogo Consultor
REG. CIP 31004
REG. CONSULTOR R.D.087-2013- ANA - DARH

AV. V.A. BELAUNDE Nª279. URB. PIURA
TELF. 074-266416. CEL. 969592683
EMAIL: mmena47@hotmail.com

PROSPECCION GEOELECTRICA CON FINES DE CAPTACION DE AGUA SUBTERRANEA EN EL FUNDO "MANTO DE CRISTO"- SECTOR CHAPARRI

(DISTRITO DE CHONGOYAPE, PROVINCIA DE CHICLAYO Y DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE)

ANEXO 1

METODOLOGÍA DE SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL

PIURA, SETIEMBRE 2016

MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

ING. MIGUEL MENA MAZA
Hidrogeólogo Consultor
REG. CIP 31004
REG. CONSULTOR R.D.087-2013- ANA - DARH

AV. V.A. BELAUNDE Nº279. URB. PIURA
TELF. 074-266416. CEL. 969592683
EMAIL: mmena47@hotmail.com

EL SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

El Sondaje Eléctrico vertical (SEV), permite conocer a partir de la superficie del terreno, la distribución de las distintas capas geoeléctricas en profundidad. Es decir, permite determinar los valores de resistividad de cada capa y su espesor correspondiente.

En el SEV se introduce corriente continua al terreno mediante un par de electrodos, llamados de corriente A y B, y se mide la diferencia de potencial producido por el campo eléctrico así formado, entre otro par de electrodos, llamados electrodos de recepción o de potencial M y N. Se calcula la resistividad aparente (ρ a) en cada medición según:

$$\rho a = k \frac{\Delta \vee}{I}$$

Donde:

ρ a = Resistividad aparente, ohm-m

$\Delta \vee$ = Diferencia de potencial entre los electrodos M, N, mV.

I = Intensidad de corriente introducida en el terreno, ma.

K = Constante geométrica que depende de la distribución de electrodos.

Existen diferentes dispositivos de electrodos, entre ellos el más usado es el Dispositivo Schlumberger en donde los electrodos de medición o corriente M y N permanecen fijos y solamente se aumenta la distancia entre ellos cuando la señal medida es muy baja. En éste dispositivo se cumple que la distancia entre A y B sea mayor o igual a tres veces la distancia entre los electrodos M y N.

Esta operación se hace para una serie de separaciones de los electrodos A y B de corriente con la finalidad de profundizar la investigación. Entre la separación AB y la profundidad alcanzada existe una relación que varía de acuerdo al tipo de material investigado.

MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

ING. MIGUEL MENA MAZA
Hidrogeólogo Consultor
REG. CIP 31004
REG. CONSULTOR R.D.087-2013- ANA - DARH

AV. V.A. BELAUNDE Nª279. URB. PIURA
TELF. 074-266416. CEL. 969592683
EMAIL: mmena47@hotmail.com

Los valores de resistividad aparente y las distancias AB se plotean en coordenadas bilogarítimicas, obteniéndose un gráfico denominada Curva de Resistividades Aparentes ρa que representa en sus diferentes segmentos las diversas capas del subsuelo. Solamente en el caso ideal de que el medio sea homogéneo e isótropo, la curva ρa sería una recta paralela al eje de las abscisas (distancias AB/2).

La curva ρa es la expresión de la estructura del subsuelo y su interpretación consiste en determinar las resistividades verdaderas de las capas correspondiente espesores.

Sin embargo, no hay una interpretación única de una curva ρa, presentándose ciertas alternativas igualmente probables de ser las correctas. Además, se presentan otras limitaciones del método, como por ejemplo, que en la naturaleza no se presentan las condiciones ideales para las cuales se ha ideado el método, tales como: capas homogéneas e isótropas, con separaciones planas y paralelas, etc. Ello hace que los resultados obtenidos presenten un margen de error que podría llegar normalmente entre ± 10% y ± 15%.

En el cuadro N° 1 se muestra los valores típicos de resistividades de algunos medios y rocas.

MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

ING. MIGUEL MENA MAZA
Hidrogeólogo Consultor
REG. CIP 31004
REG. CONSULTOR R.D.087-2013- ANA - DARH

AV. V.A. BELAUNDE Nª279. URB. PIURA
TELF. 074-266416. CEL. 969592683
EMAIL: mmena47@hotmail.com

CUADRO Nº 1

RESISTIVIDAD DE AGUAS Y ROCAS

Tipos de Agua y Roca	Resistividad, Ohm-m
Agua de mar	0,2
Agua de acuíferos aluviales	10 – 30
Agua de manantiales	50 – 100
Arenas y gravas secas	1 000 – 10 000
Arenas y gravas con agua dulce	50 – 500
Arenas y gravas con agua salada	0,5 – 5
Arcillas	2 – 20
Margas	20 – 100
Calizas	300 – 10 000
Areniscas arcillosas	50 – 300
Areniscas cuarcíticas	300 – 10 000
Cineritas, tobas volcánicas	20 – 100
Lavas	300 –10 000
Esquistos grafitosos.	0,5 – 5
Esquistos arcillosos o alterados.	100 – 300
Esquistos sanos	300 – 3 000
Gneis, granito alterados	100 – 1 000
Gneis, granito sano	1 000 – 10 000

Según: Geofísica aplicada a la Hidrogeología. ASTIER, Jean Louis. – Editorial Paraninfo.- Madrid - España.

MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

ING. MIGUEL MENA MAZA
Hidrogeólogo Consultor
REG. CIP 31004
REG. CONSULTOR R.D.087-2013- ANA - DARH

AV. V.A. BELAUNDE Nº279. URB. PIURA
TELF. 074-266416. CEL. 969592683
EMAIL: mmena47@hotmail.com

PROSPECCION GEOELECTRICA CON FINES DE CAPTACION DE AGUA SUBTERRANEA EN EL FUNDO "MANTO DE CRISTO"- SECTOR CHAPARRI

(DISTRITO DE CHONGOYAPE, PROVINCIA DE CHICLAYO Y DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE)

ANEXO 2

CURVAS DE RESISTIVIDADES APARENTES INTERPRETADAS

PIURA, SETIEMBRE 2016

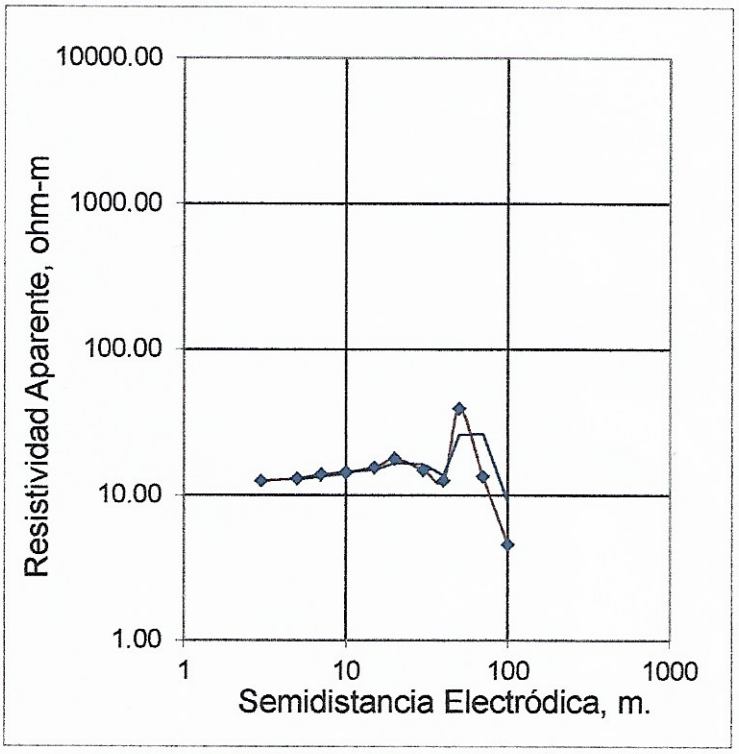
MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

PROYECTO : POZO TUBULAR
LOCALIDAD : FUNDO "MANTO DE CRISTO"/CHAPARRI
DISTRITO : CHONGOYAPE
PROVINCIA : CHICLAYO
DEPARTAMENTO : LAMBAYEQUE
SEV : Nº 1
OPERADOR : ING. M.MENA
FECHA DE EJECUCIÓN: 08/09/2016

LEYENDA	
	CURVA DE RESISTIVIDADES APARENTES
	CURVA TEÓRICA

N° Orden	OA (m)	MN (m)	K/10	P (Ω.u)
1	3	2	1.26	12.60
2	5	2	3.77	13.10
3	7	2	7.54	13.90
4	10	2	15.55	14.40
5	10	5	5.89	14.50
6	15	2	35.2	
7	15	5	13.75	15.60
8	20	2	62.7	
9	20	5	24.74	17.80
10	30	2	141.2	
11	30	5	56.2	14.90
12	40	2	251.2	
13	40	5	100.1	12.70
14	50	5	156.7	
15	50	20	37.7	39.20
16	70	5	307.5	
17	70	20	75.4	13.50
18	100	5	62.8	
19	100	20	155.5	4.60



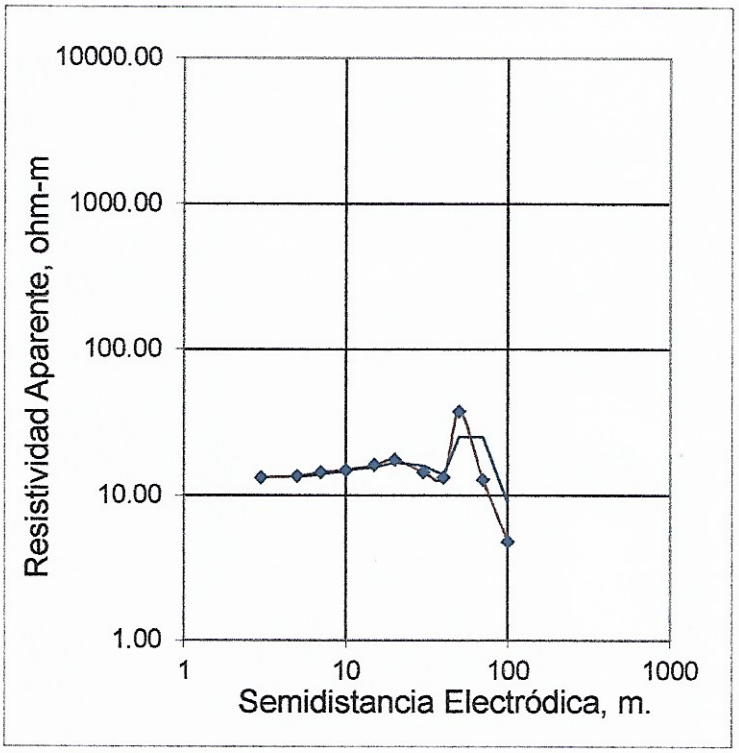
MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

PROYECTO : POZO TUBULAR
LOCALIDAD : FUNDO "MANTO DE CRISTO"/CHAPARRI
DISTRITO : CHONGOYAPE
PROVINCIA : CHICLAYO
DEPARTAMENTO : LAMBAYEQUE
SEV : Nº 2
OPERADOR : ING. M.MENA
FECHA DE EJECUCIÓN: 08/09/2016

LEYENDA	
	CURVA DE RESISTIVIDADES APARENTES
	CURVA TEÓRICA

N° Orden	OA (m)	MN (m)	K/10	P (Ω.u)
1	3	2	1.26	13.30
2	5	2	3.77	13.60
3	7	2	7.54	14.50
4	10	2	15.55	14.90
5	10	5	5.89	15.00
6	15	2	35.2	
7	15	5	13.75	16.20
8	20	2	62.7	
9	20	5	24.74	17.60
10	30	2	141.2	
11	30	5	56.2	14.50
12	40	2	251.2	
13	40	5	100.1	13.30
14	50	5	156.7	
15	50	20	37.7	37.50
16	70	5	307.5	
17	70	20	75.4	12.90
18	100	5	62.8	
19	100	20	155.5	4.80



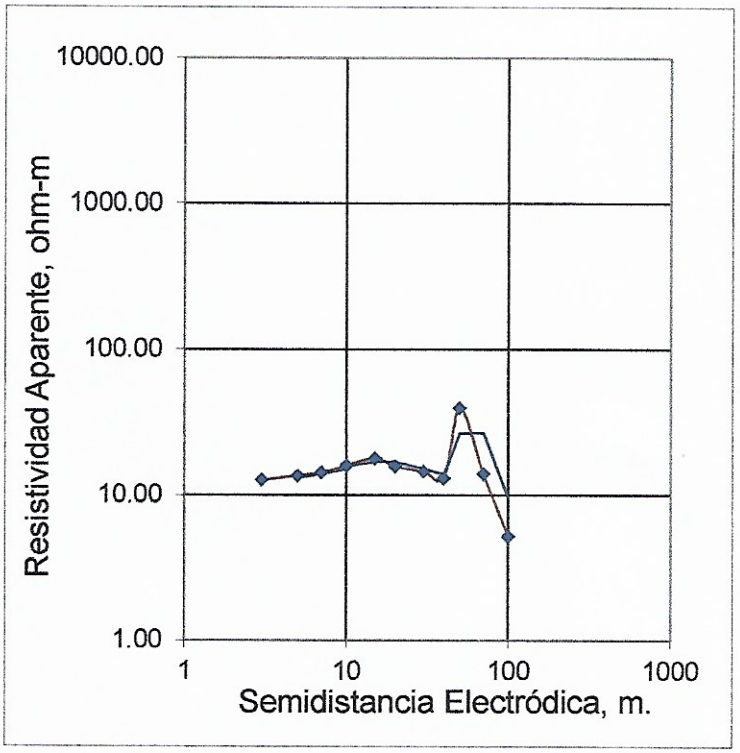
MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

PROYECTO : POZO TUBULAR
LOCALIDAD : FUNDO "MANTO DE CRISTO"/CHAPARRI
DISTRITO : CHONGOYAPE
PROVINCIA : CHICLAYO
DEPARTAMENTO : LAMBAYEQUE
SEV : Nº 3
OPERADOR : ING. M.MENA
FECHA DE EJECUCIÓN: 08/09/2016

LEYENDA	
	CURVA DE RESISTIVIDADES APARENTES
	CURVA TEÓRICA

N° Orden	OA (m)	MN (m)	K/10	P (Ω.u)
1	3	2	1.26	12.80
2	5	2	3.77	13.60
3	7	2	7.54	14.40
4	10	2	15.55	15.90
5	10	5	5.89	16.00
6	15	2	35.2	
7	15	5	13.75	17.90
8	20	2	62.7	
9	20	5	24.74	15.80
10	30	2	141.2	
11	30	5	56.2	14.60
12	40	2	251.2	
13	40	5	100.1	13.10
14	50	5	156.7	
15	50	20	37.7	39.60
16	70	5	307.5	
17	70	20	75.4	14.00
18	100	5	62.8	
19	100	20	155.5	5.20



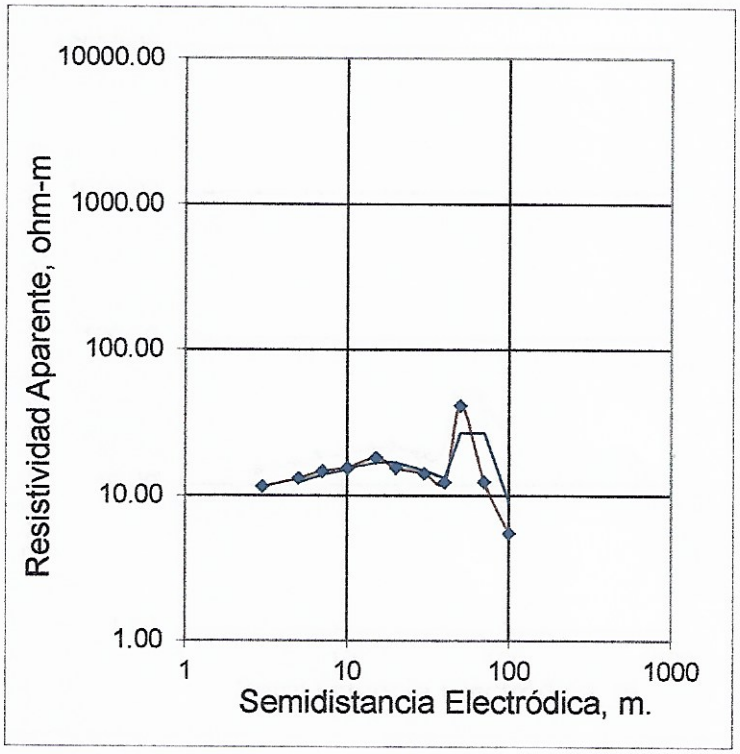
MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

PROYECTO : POZO TUBULAR
LOCALIDAD : FUNDO "MANTO DE CRISTO"/CHAPARRI
DISTRITO : CHONGOYAPE
PROVINCIA : CHICLAYO
DEPARTAMENTO : LAMBAYEQUE
SEV : Nº 4
OPERADOR : ING. M.MENA
FECHA DE EJECUCIÓN: 08/09/2016

LEYENDA	
	CURVA DE RESISTIVIDADES APARENTES
	CURVA TEÓRICA

N° Orden	OA (m)	MN (m)	K/10	P (Ω.u)
1	3	2	1.26	11.60
2	5	2	3.77	13.20
3	7	2	7.54	14.80
4	10	2	15.55	15.40
5	10	5	5.89	15.50
6	15	2	35.2	
7	15	5	13.75	18.20
8	20	2	62.7	
9	20	5	24.74	15.50
10	30	2	141.2	
11	30	5	56.2	14.20
12	40	2	251.2	
13	40	5	100.1	12.40
14	50	5	156.7	
15	50	20	37.7	41.50
16	70	5	307.5	
17	70	20	75.4	12.50
18	100	5	62.8	
19	100	20	155.5	5.50



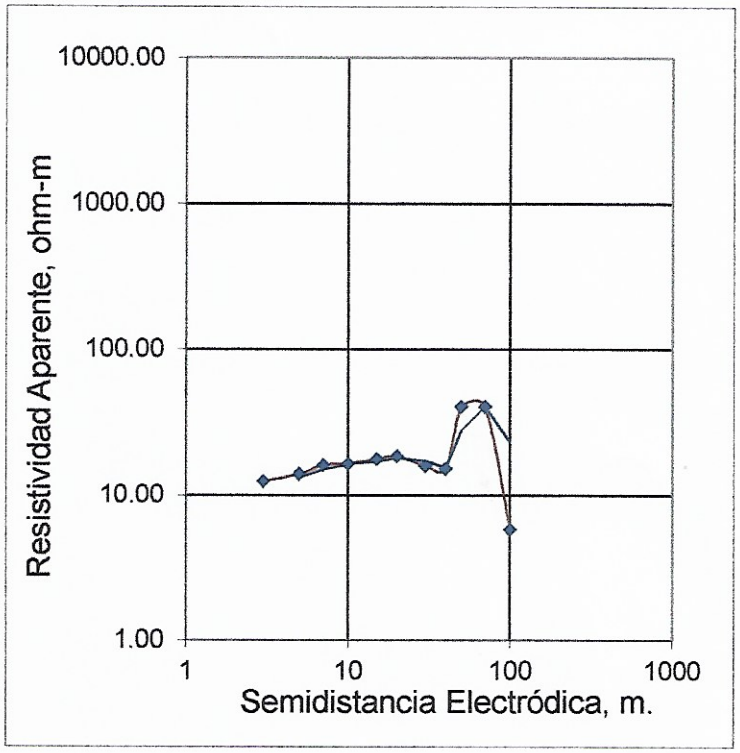
MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

PROYECTO : POZO TUBULAR
LOCALIDAD : FUNDO "MANTO DE CRISTO"/CHAPARRI
DISTRITO : CHONGOYAPE
PROVINCIA : CHICLAYO
DEPARTAMENTO : LAMBAYEQUE
SEV : Nº 5
OPERADOR : ING. M.MENA
FECHA DE EJECUCIÓN: 08/09/2016

LEYENDA	
	CURVA DE RESISTIVIDADES APARENTES
	CURVA TEÓRICA

N° Orden	OA (m)	MN (m)	K/10	P (Ω.u)
1	3	2	1.26	12.50
2	5	2	3.77	14.00
3	7	2	7.54	16.10
4	10	2	15.55	16.40
5	10	5	5.89	16.50
6	15	2	35.2	
7	15	5	13.75	17.70
8	20	2	62.7	
9	20	5	24.74	18.50
10	30	2	141.2	
11	30	5	56.2	15.90
12	40	2	251.2	
13	40	5	100.1	15.20
14	50	5	156.7	
15	50	20	37.7	40.40
16	70	5	307.5	
17	70	20	75.4	40.40
18	100	5	62.8	
19	100	20	155.5	5.80



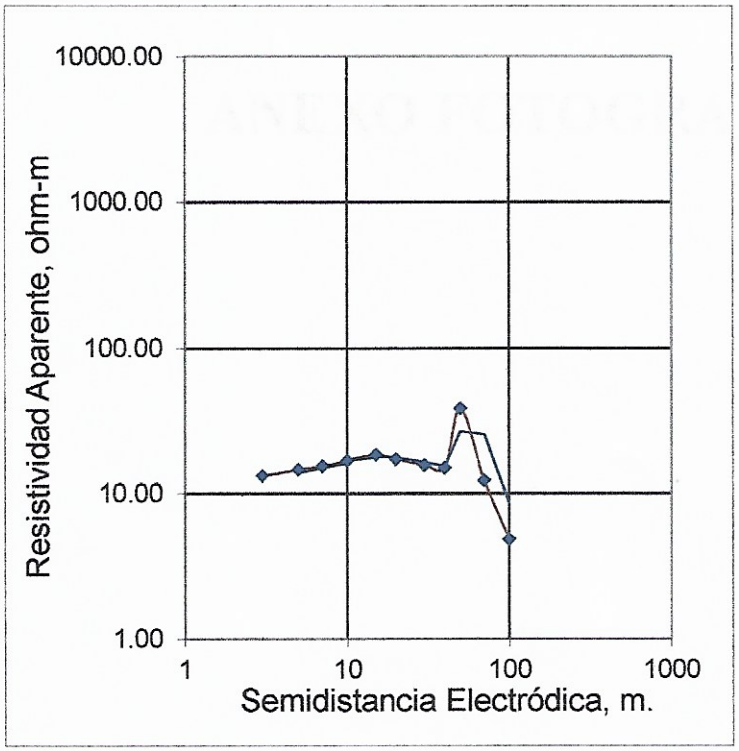
MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

PROSPECCIÓN GEOELÉCTRICA

PROYECTO : POZO TUBULAR
LOCALIDAD : FUNDO "MANTO DE CRISTO"/CHAPARRI
DISTRITO : CHONGOYAPE
PROVINCIA : CHICLAYO
DEPARTAMENTO : LAMBAYEQUE
SEV : Nº 6
OPERADOR : ING. M.MENA
FECHA DE EJECUCIÓN: 08/09/2016

LEYENDA	
	CURVA DE RESISTIVIDADES APARENTES
	CURVA TEÓRICA

N° Orden	OA (m)	MN (m)	K/10	P (Ω.u)
1	3	2	1.26	13.30
2	5	2	3.77	14.70
3	7	2	7.54	15.50
4	10	2	15.55	16.90
5	10	5	5.89	17.00
6	15	2	35.2	
7	15	5	13.75	18.50
8	20	2	62.7	
9	20	5	24.74	17.20
10	30	2	141.2	
11	30	5	56.2	15.80
12	40	2	251.2	
13	40	5	100.1	15.10
14	50	5	156.7	
15	50	20	37.7	38.50
16	70	5	307.5	
17	70	20	75.4	12.40
18	100	5	62.8	
19	100	20	155.5	4.90



MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

ING. MIGUEL MENA MAZA
Hidrogeólogo Consultor
REG. CIP 31004
REG. CONSULTOR R.D.087-2013- ANA - DARH

AV. V.A. BELAUNDE Nº279. URB. PIURA
TELF. 074-266416. CEL. 969592683
EMAIL: mmena47@hotmail.com

PROSPECCION GEOELECTRICA CON FINES DE CAPTACION DE AGUA SUBTERRANEA EN EL FUNDO "MANTO DE CRISTO"- SECTOR CHAPARRI

(DISTRITO DE CHONGOYAPE, PROVINCIA DE CHICLAYO Y DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE)

ANEXO FOTOGRAFICO

PIURA, SETIEMBRE 2016

MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

PROSPECCION GEOELECTRICA FUNDO "MANTO DE CRISTO"

SECTOR CHAPARRI

S.E.V Nº1

EMPLAZAMIENTO DEL EQUIPO DE PROSPECCION

S.E.V Nº 2

SEÑALIZACION DEL PUNTO DE INVESTIGACION

MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

PROSPECCION GEOELECTRICA FUNDO "MANTO DE CRISTO"

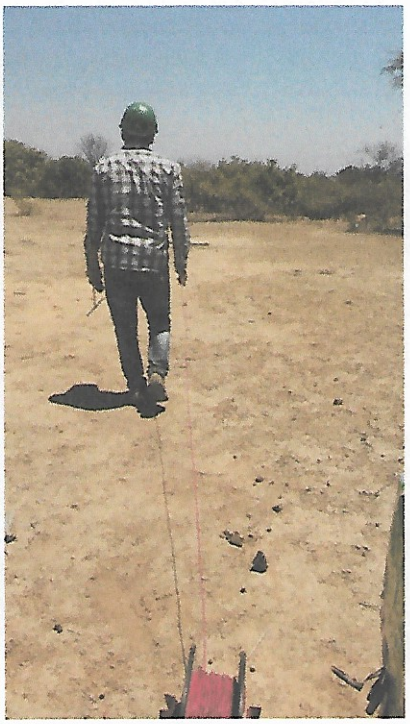
SECTOR CHAPARRI

S.E.V Nº3

TOMA DE DATOS DE CAMPO

S.E.V Nº4

TENDIDO DEL CABLEADO DE EMISION



MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 31004

PROSPECCION GEOELECTRICA FUNDO "MANTO DE CRISTO"

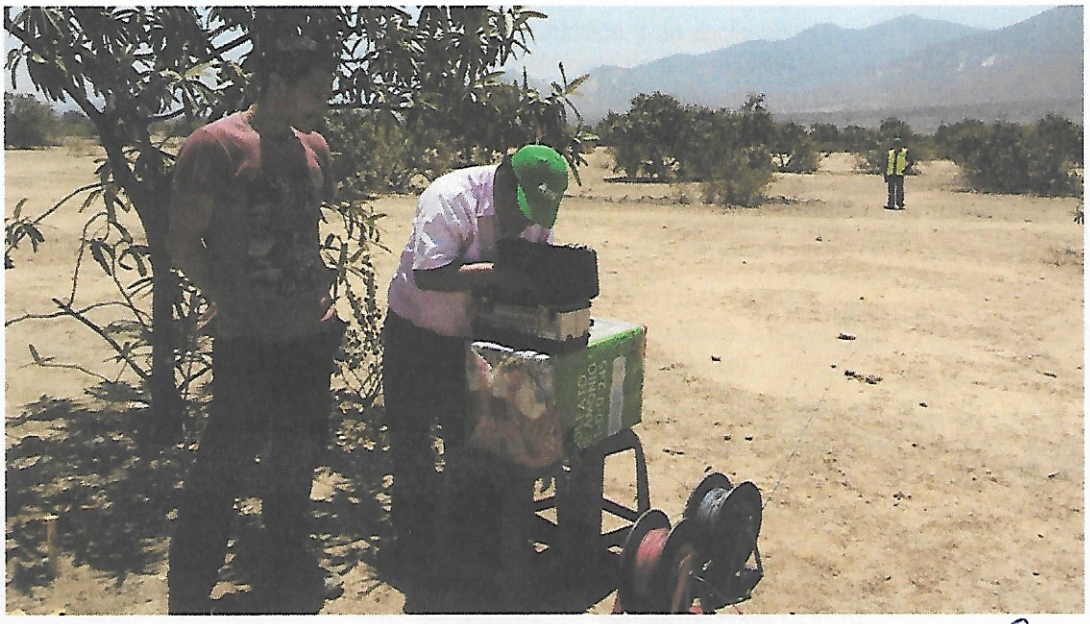
SECTOR CHAPARRI

S.E.V Nº5

INSTALACION DEL CABLEADO PARA LA LINEA DE EMISION

S.E.V Nº6

TOMA DE DATOS DE RESISTIVIDAD



MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 3100

PROSPECCION GEOELECTRICA FUNDO "MANTO DE CRISTO"

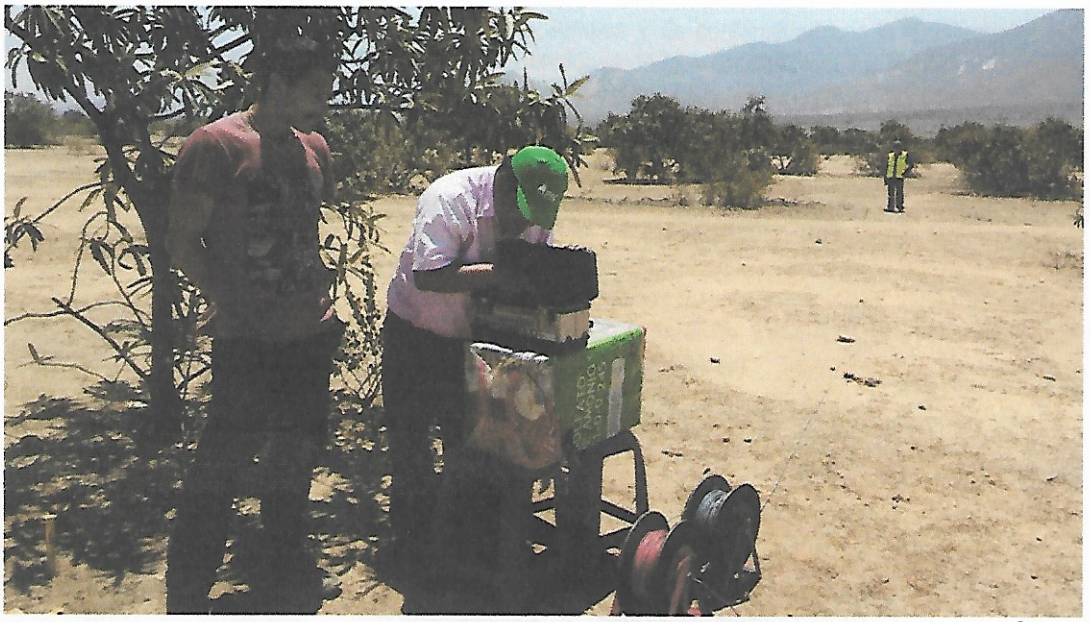
SECTOR CHAPARRI

S.E.V Nº5

INSTALACION DEL CABLEADO PARA LA LINEA DE EMISION

S.E.V Nº6

TOMA DE DATOS DE RESISTIVIDAD



MIGUEL MENA MAZA
INGENIERO GEOLOGO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 3100

REPUBLICA DEL PERU

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
COPIA FIEL DEL ORIGINAL
DOY FE
FEDATARIO TITULAR
DULA F. BARRETO ROMERO
ANA

RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 087 -2013-ANA-DARH

Lima, 14 AGO. 2013

VISTO:

El expediente administrativo ingresado con Código Único de Tramite N° 52839-2013, presentado por **MIGUEL MENA MAZA,** identificado con Documento Nacional de Identificación N° 17625456, sobre inscripción en el Registro de Consultores de Estudios de Aguas Subterráneas; y,

CONSIDERANDO:

Que, según el numeral 235.1 del artículo 235° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, aprobado por Decreto Supremo N° 001-2010-AG, las personas naturales o jurídicas que realicen estudios y obras de exploración y explotación de aguas subterráneas, así como rehabilitación, mantenimiento y otros afines, están obligados a inscribirse en el Registro correspondiente de la Autoridad Nacional del Agua;

Que, conforme al inciso "e" del artículo 31° del Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua, aprobado por Decreto Supremo N° 006-2010-AG, es función de esta Dirección, inscribir previa opinión de la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos, en el Registro de Empresas Perforadoras y Consultores de Estudios de Aguas Subterráneas a las personas dedicadas a la actividad de perforación de pozos o elaboración de estudios de aguas subterráneas;

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA
V°B°
Oficina de Asesoría Jurídica

Que, el Informe Técnico N° 046-2013-ANA-DCPRH-ERH-SUB/HAC de la Dirección Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos, concluye que el recurrente ha cumplido con presentar los requisitos establecidos en el Texto Único de Procedimientos Administrativos de la Autoridad Nacional del Agua, aprobado por Decreto Supremo N° 012-2010-AG, para su inscripción en el Registro de Consultores de Estudios de Aguas Subterráneas, por lo que recomienda disponer su inscripción en el precitado registro por un período de cuatro (04) años renovables; y,

Con el visto de la Oficina de Asesoría Jurídica y de conformidad con lo dispuesto en el inciso "e" del artículo 31° del Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua, aprobado por Decreto Supremo N° 006-2010-AG, así como lo dispuesto por la Resolución Jefatural N° 326-2013-ANA.

SE RESUELVE:

ARTÍCULO 1°.- Disponer la inscripción del **ING. MIGUEL MENA MAZA**, en el Registro de Consultores de Estudios de Aguas Subterráneas, por un período de cuatro (04) años renovables, computados a partir de la notificación de la presente resolución.

ARTÍCULO 2°.- Notificar la presente resolución a su titular y disponer su publicación en el Portal de la Autoridad Nacional del Agua, para conocimiento del público en general.

MINISTERIO DE AGRICULTURA
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

Regístrese y comuníquese,

ING. ALBERTO ANTONIO ALVA TIRAVANTI
Director (e)
Dirección de Administración de Recursos Hídricos
Autoridad Nacional del Agua

Baterías Gel y AGM

Energía Sin Límites

www.victronenergy.com

1. La tecnología VRLA

VRLA son las siglas de Valve Regulated Lead Acid, lo que significa que la batería es hermética. Habrá escape de gas en las válvulas de seguridad únicamente en caso de sobrecarga o de algún fallo de los componentes.
Las baterías VRLA no requieren ningún tipo de mantenimiento.

2. Las baterías AGM estancas (VRLA)

AGM son las siglas de Absorbent Glass Mat. En estas baterías, el electrólito se absorbe por capilaridad en una estera en fibra de vidrio situada entre las placas. Tal como se explica en nuestro libro "Energía Sin Límites", las baterías AGM resultan más adecuadas para suministrar corrientes muy elevadas durante períodos cortos (arranque) que las baterías de Gel.

3. Las baterías de Gel estancas (VRLA)

En este tipo de baterías, el electrólito se inmoviliza en forma de gel. Las baterías de Gel tienen por lo general una mayor duración de vida y una mejor capacidad de ciclos que las baterías AGM.

4. Autodescarga escasa

Gracias a la utilización de rejillas de plomo-calcio y materiales de gran pureza, las baterías VRLA Victron se pueden almacenar durante largo tiempo sin necesidad de recarga. El índice de autodescarga es inferior a un 2% al mes, a 20ºC. La autodescarga se duplica por cada 10ºC de aumento de temperatura.Con un ambiente fresco, las baterías VRLA de Victron se pueden almacenar durante un año sin tener que recargar.

5. Extraordinaria recuperación tras descarga profunda

Las baterías Victron VRLA tienen una extraordinaria capacidad de recuperación incluso tras una descarga profunda o prolongada Sin embargo, se debe recalcar que las descargas profundas o prolongadas frecuentes tienen una influencia muy negativa en la duración de vida de las baterías de plomo/ácido, y las baterías de Victron no son la excepción.

6. Características de descarga de las baterías

Las capacidades nominales de las baterías de Victron se indican para una descarga de 20 horas, es decir para una corriente de descarga de 0,05C (Gel 'long life: 10 horas).
La capacidad real diminuye en descargas más rápidas con intensidades elevadas (ver tabla 1).
La reducción de capacidad aún será más rápida con aparatos de potencia constante como por ejemplo los inversores.

Duración de descarga	Voltage Final V	AGM 'Deep Cycle' %	Gel 'Deep Cycle' %	Gel 'Long Life' %
20 horas	10,8	100	100	112
10 horas	10,8	92	87	100
5 horas	10,8	85	80	94
3 horas	10,8	78	73	79
1 hora	9,6	65	61	63
30 minutos	9,6	55	51	45
15 minutos	9,6	42	38	29
10 minutos	9,6	38	34	21
5 minutos.	9,6	27	24	
5 segundos		8 C	7 C	

Tabla 1: Capacidad real en función de la capacidad dedescarga.
(la última línea indica la corriente de descarga máxima autorizada durante 5 segundos).

Nuestras baterías AGM Deep Cycle (ciclo profundo) ofrecen excelentes resultados a alta intensidad y por ello se recomiendan para aplicaciones como el arranque de motores. Debido a su diseño, las baterías de gel tienen una capacidad real menor a alta intensidad. En cambio, las baterías de gel tienen mejor duración de vida en modo flotación y ciclos.

7. Efectos de la temperatura en la duración de vida

Las temperaturas elevadas tienen una influencia muy negativa en la duración de vida. La tabla 2 presenta la duración de vida previsible de las baterías de Victron en función de la temperatura.

Temperatura media de functionamiento	AGM Deep Cycle años	Gel Deep Cycle años	Gel Long Life años
20℃ / 68℉	7 - 10	12	20
30℃ / 86℉	4	6	10
40℃ / 104℉	2	3	5

Tabla 2: Duración de vida

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands
General phone: +31 (0)36 535 97 00 | Fax: +31 (0)36 535 97 40
E-mail: sales@victronenergy.com | **www.victronenergy.com**

8. Efectos de la temperatura en la capacidad

El siguiente gráfico muestra que la capacidad disminuye en gran medida a baja temperatura.

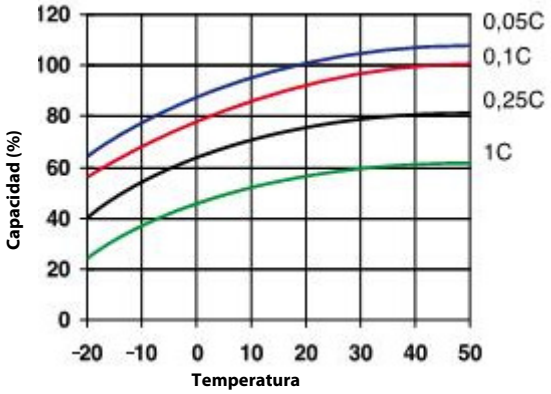


Fig. 1: Efectos de la temperatura en la capacidad

9. Duración de vida en ciclos de las baterías de Victron

Las baterías se gastan debido a las cargas y descargas. El número de ciclos depende de la profundidad de descarga, tal como muestra la figura 2.

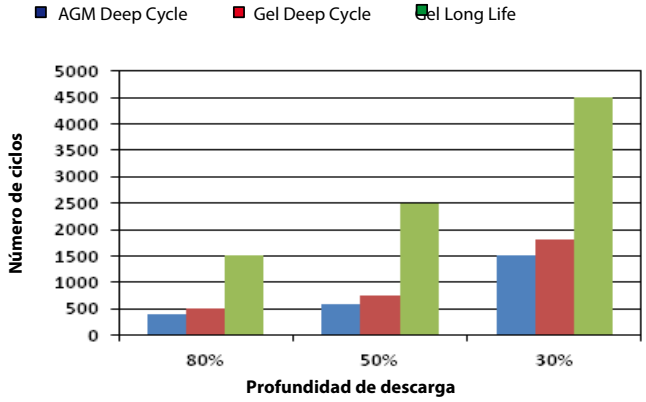


Fig. 2: Duración de vida en ciclos

10. Carga de la batería en modo de ciclos: La característica de carga en 3 etapas

El método de carga más corriente para las baterías VRLA utilizadas en ciclos es la característica en tres etapas, según la cual una fase de corriente constante (fase "Bulk") va seguida por dos fases con voltaje constante ("Absorción" y "Flotación"). Ver fig. 3.

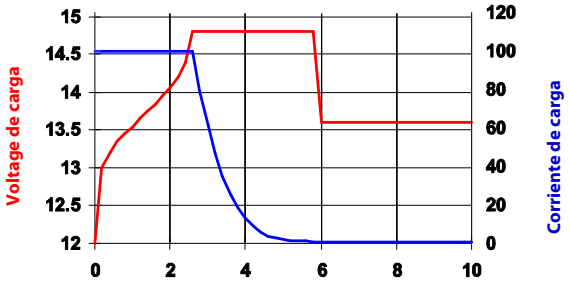


Fig. 3: Régimen de carga en tres etapes

Durante la fase de absorción, el voltaje de carga se mantiene a un nivel relativamente elevado para acabar de cargar la batería en un tiempo razonable. La tercera y última fase es la de mantenimiento (Flotación): el voltaje se reduce a un nivel justamente suficiente para compensar la autodescarga.

Inconvenientes de la carga tradicional en tres etapas:

- Riesgo de gaseo
  Durante la fase de carga inicial, la corriente se mantiene a un nivel constante y a menudo elevado, incluso por encima del voltaje de gaseo (14,34V para una batería de 12V). Ello puede provocar una presión de gas excesiva en la batería. Puede escaparse gas por las válvulas de seguridad, lo que reduce la duración de vida y presenta un peligro.
- Duración de carga fija
  El voltaje de absorción aplicado a continuación durante un tiempo fijo no tiene en cuenta el estado de carga inicial de la batería. Una fase de absorción demasiado larga tras una descarga poco profunda sobrecargará la batería, reduciendo una vez más su duración de vida, especialmente debido a la oxidación acelerada de las placas positivas.
- Nuestros estudios han revelado que la duración de vida de una batería se puede aumentar reduciendo más la tensión de flotación cuando no se utiliza la batería.

11. Carga de la batería: mejor duración de vida mediante la carga adaptable en 4 etapas de Victron

Victron Energy ha creado la carga adaptable en 4 etapas. Esta tecnología innovadora es resultado de muchos años de investigación y ensayos.

El método de carga adaptable de Victron elimina los 3 principales inconvenientes de la carga tradicional en 3 etapas:

- Función BatterySafe
  Para evitar el gaseo excesivo, Victron ha inventado la función BatterySafe. La función BatterySafe reduce el aumento del voltaje de carga cuando se alcanza el voltaje de gaseo. Los estudios revelan que dicho procedimiento mantiene el gaseo interno a unos niveles sin peligro.
- Duración de absorción variable
  El cargador Victron calcula la duración óptima de la fase de absorción en función de la duración de la fase de carga inicial (Bulk). Si la fase Bulk fue corta significa que la batería estaba poco descargada y la duración de absorción se reducirá automáticamente. Una fase de carga inicial más larga dará una duración de absorción también más larga.
- Función de almacenamiento
  Una vez finalizada la fase de absorción, en principio, la batería está totalmente cargada y el voltaje se reduce hasta un nivel de mantenimiento (Flotación). A continuación, si no se utiliza la batería durante 24 horas, el voltaje se reduce aún más y el cargador de batería pasa al modo de "almacenamiento". Este voltaje de "almacenamiento" reduce al mínimo la oxidación de las placas positivas. Posteriormente, el voltaje aumentará en modo absorción una vez por semana para compensar la autodescarga (función Battery Refresh).

12. Carga en modo flotación: carga de mantenimiento con voltaje constante

Si una batería se descarga profundamente con poca frecuencia, es posible una curva de carga en dos etapas.
Durante la primera fase, la batería se carga con una corriente constante pero limitada (fase "Bulk"). Una vez alcanzado un voltaje predeterminado, la batería se mantiene a este voltaje (fase de mantenimiento o "Flotación"). Este método de carga se utiliza en las baterías de arranque a bordo de vehículos y para los sistemas de alimentación sin cortes (onduladores).

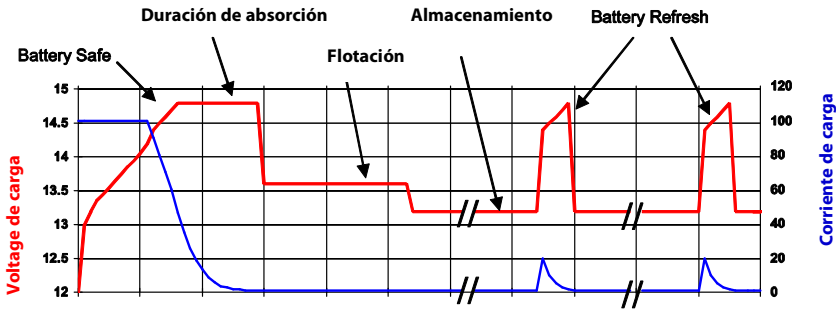


Fig. 4: Carga adaptable en 4 etapas de Victron

14. Efectos de la temperatura en el voltaje de carga

El voltaje de carga se debe reducir a medida que la temperatura aumenta. La compensación de temperatura es necesaria cuando la temperatura de la batería puede ser inferior a 10°C / 50°F o superior a 30°C / 85°F durante un período de tiempo prolongado. La compensación de temperaturare comendada para las baterías Victron VRLA es de _4 mV/elemento (-24 mV/°C para una batería de 12V). El punto medio de compensación de temperatura es de 20°C / 70°F.

15. Corriente de carga

Preferentemente, la corriente de carga no debe superar 0,2 C (20 A para una batería de 100 Ah). La temperatura de una batería aumentará más de 10°C si la corriente de carga es superior a 0,2 C. Así pues, la compensación de temperatura resulta indispensable para corrientes de carga superiores a 0,2 C.

	Utilización en Flotación (V)	Ciclos Normal (V)	Ciclos Recarga rápida (V)
Victron AGM "Deep Cycle"			
Absorción		14,2 - 14,6	14,6 - 14,9
Flotación	13,5 - 13,8	13,5 - 13,8	13,5 - 13,8
Almacenamiento	13,2 - 13,5	13,2 - 13,5	13,2 - 13,5
Victron Gel "Deep Cycle"			
Absorción		14,1 - 14,4	
Flotación	13,5 - 13,8	13,5 - 13,8	
Almacenamiento	13,2 - 13,5	13,2 - 13,5	
Victron Gel "Long Life"			
Absorción		14,0 - 14,2	
Flotación	13,5 - 13,8	13,5 - 13,8	
Almacenamiento	13,2 - 13,5	13,2 - 13,5	

Tabelle 3: Voltajes de carga recomendados

12 Volt Deep Cycle AGM							Especificaciones generales
Referencia	Ah	V	lxanxal mm	Peso kg	CCA @0°F	RES CAP @80°F	Tecnología: flat plate AGM Bornes: cobre, M8
BAT406225080	**240**	6	320x176x247	31	1500	480	Capacidad nominal: descarga en 20h a 25°C Dur. de vida en flotación: 7-10 años a 20 °C Dur. de vida en ciclos: 400 ciclos en descarga 80% 600 ciclos en descarga 50% 1500 ciclos en descarga 30%
BAT212070080	**8**	12	151x65x101	2,5			
BAT212120080	**14**	12	151x98x101	4,1			
BAT212200080	**22**	12	181x77x167	5,8			
BAT412350080	**38**	12	197x165x170	12,5			
BAT412550080	**60**	12	229x138x227	20	450	90	
BAT412600080	**66**	12	258x166x235	24	520	100	
BAT412800080	**90**	12	350x167x183	27	600	145	
BAT412101080	**110**	12	330x171x220	32	800	190	
BAT412121080	**130**	12	410x176x227	38	1000	230	
BAT412151080	**165**	12	485x172x240	47	1200	320	
BAT412201080	**220**	12	522x238x240	65	1400	440	

12 Volt Deep Cycle GEL							Especificaciones generales
Referencia	Ah	V	lxanxal mm	Peso kg	CCA @0°F	RES CAP @80°F	Tecnología: flat plate GEL Bornes: cobre, M8
BAT412550100	**60**	12	229x138x227	20	300	80	Capacidad nominal: 20 hr discharge at 25 °C Dur. de vida en flotación: 12 years at 20 °C Dur. de vida en ciclos: 500 ciclos en descarga 80% 750 ciclos en descarga 50% 1800 ciclos en descarga 30%
BAT412600100	**66**	12	258x166x235	24	360	90	
BAT412800100	**90**	12	350x167x183	26	420	130	
BAT412101100	**110**	12	330x171x220	33	550	180	
BAT412121100	**130**	12	410x176x227	38	700	230	
BAT412151100	**165**	12	485x172x240	48	850	320	
BAT412201100	**220**	12	522x238x240	66	1100	440	

2 Volt Long Life GEL					Especificaciones generales
Referencia	Ah	V	lxanxal mm	Peso kg	Tecnología: tubular plate GEL Terminals: copper
BAT702601260	**600**	2	145x206x688	49	Capacidad nominal: 10 hr discharge at 25 °C Dur. de vida en flotación: 20 years at 20 °C Dur. de vida en ciclos: 1500 ciclos en descarga 80% 2500 ciclos en descarga 50% 4500 ciclos en descarga 30%
BAT702801260	**800**	2	210x191x688	65	
BAT702102260	**1000**	2	210x233x690	80	
BAT702122260	**1200**	2	210x275x690	93	
BAT702152260	**1500**	2	210x275x840	115	
BAT702202260	**2000**	2	215x400x815	155	
BAT702252260	**2500**	2	215x490x815	200	
BAT702302260	**3000**	2	215x580x815	235	

Otras capacidades y tipos de bornes: por engargo

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | The Netherlands
General phone: +31 (0)36 535 97 00 | Fax: +31 (0)36 535 97 40
E-mail: sales@victronenergy.com | **www.victronenergy.com**

192V 60A el regulador de carga solar MPPT

Controlador de carga solar

Característica de producto

- MPPT eficiencia ≥ 99, 5%, y convertidor de eficiencia de hasta un 98%.
- Modo de carga: Tres etapas (corriente constante, la tensión constante, carga flotante).
- Cuatro tipos: ON/OFF, control de tensión del PV, Dual control de tiempo, PV+Time control.
- Sistema de reconocimiento automático de tensión de batería.
- Comúnmente se utilizan tres tipos de batería de plomo ácido (Junta\Gel\inundó)
- PC Soporte de software de vigilancia y el módulo WiFi para darse cuenta de APP cloud control.

- CE, RoHS, Certificaciones FCC Aprobados
- 3 años de garantía, servicio de garantía extendida de 3~10 años también puede ser proporcionada.

Parámetro técnico

Galaxy	Serie	Galaxy-B96			Galaxy-B192/Galaxy-B216(220)/Galaxy-B240				
	Modelo de alimentación	70A	80A	100A.	50A	60A	70A	80A	100A.
Categoría del producto	Las propiedades del controlador	MPPT (máximo de power point tracking)							
	MPPT Eficiencia	≥98%	≥98%	≥98%	≥98%	≥98%	≥98%	≥98%	≥98%
	La tensión del sistema	DC96V			DC192V\DC216V (CC220V)\DC240V				
	Gama de Videntification	DC72V~DC128V			DC144V~DC256V\DC162V~DC288V\DC180V~DC320V				
	Método de disipación de calor	Ventilador inteligente							
La entrada Características	Circuito abierto Vmax-PV	DC430V			DC430V	DC430V	DC660V	DC660V	DC660V
	Carga Vstart Inicio-PV	Vbat+20 V	Vbat+20 V	Vbat+20 V	Vbat+20 V	Vbat+20 V	Vbat+20 V	Vbat+20 V	Vbat+20 V
	Bajo la protección Vlow-PV	Vbat+10V	Vbat+10V	Vbat+10V	Vbat+10V	Vbat+10V	Vbat+10V	Vbat+10V	Vbat+10V
	Sobre la protección Vover-PV	DC430V	DC430V	DC430V	DC430V	DC430V	DC660V	DC660V	DC660V
	Energía fotovoltaica nominal	7280W	8320W	10400	10400W 11700W 13000W	12480W 14040W 15600W	14560W 16380W 18200W	16640W 18720W 20800W	20800W 23400W 26000W
Características de carga	Los tipos de baterías seleccionable	De plomo-ácido, batería de gel, inundado (Otros tipos de baterías también pueden ser definidos)-- Defecto de la batería de gel							

	Corriente nominal de carga	70A	80A	100A.	50A	60A	70A	80A	100A.
	Método de carga	Etapa 3: Corriente constante(una carga rápida) constante de tensión de carga flotante							
Las características de carga	La tensión de carga	El mismo que el voltaje de batería			El mismo que el voltaje de batería		-	-	-
	Corriente nominal de carga	70A	80A	100A.	50A	60A	-	-	-
	Modo de control de carga	En\modo Off, el modo de control de tensión de PV, de Doble Modo de control de tiempo, PV + Tiempo de Modo de control					-	-	-
La pantalla Y La comunicación	Modo de pantalla	128*64 puntos LCD retroiluminación/ mostrar							
	El modo de comunicación	8-pin puerto RJ45/RS485/soporte PC el software de vigilancia y de apoyo módulo WiFi para darse cuenta de APP cloud control							
Otros parámetros	Función de protección	De entrada y salida a través de \ bajo tensión de protección, prevención de la conexión de protección de marcha atrás...							
	Temperatura de funcionamiento	-20ºC~+50ºC							
	La temperatura de almacenamiento	-40ºC~+75ºC							
	IP(Ingress Protection)	IP21							
	peso neto (kg)	14, 7kg.			14, 7kg.		18, 8kg.		
	Peso (kg)	16, 6kg.			16, 6kg.		20, 6kg.		
	El tamaño del producto (mm)	371*500*187			371*500*187		391*500*227		
	tamaño de embalaje (mm)	590*420*270			590*420*270		590*440*320		